DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 3. Februar 1928 | Heft 5

Neue Untersuchungen über die Verdauung der Wiederkäuer.

Von Ernst Mangold, Berlin.

(Aus dem Tierphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule.)

Das Wiederkauen ist eine physiologische Besonderheit mancher Tiere, die beim Menschen nur als pathologische Erscheinung vorkommt. Wir kennen es von einigen landwirtschaftlichen Nutztieren wie vom Hirsch- und Rehwild her und können es auch im Zoo bei exotischen Tieren wie Kamel und Antilope beobachten.

Abgesehen von dem Auffälligen und Rätselhaften, das dieser Vorgang zunächst an sich hat, interessiert er uns besonders als Teilerscheinung der Verdauungsfunktionen einiger unserer landwirtschaftlich wichtigsten Tiere, Rind, Schaf und Ziege, von deren Gedeihen und deren Produktion der Mensch, indem er sie sich nutzbar machte, abhängig geworden ist.

Das *Wiederkauen* ist eine Anpassung an die pflanzliche Ernährung und dient zur besseren mechanischen Vorverdauung, zur Zerkleinerung der vegetabilischen Futtermittel. Denn bei diesen ist der wertvolle, Eiweiß, Fett und Kohlehydrate enthaltende Inhalt der einzelnen Zellen, im Gegensatz zu den vom Tierkörper stammenden Teilen, wie Muskelfleisch und Drüsen, die uns zur Nahrung dienen, von einer mehr oder minder verholzten Rohfaserhülle umgeben; deren vorwiegender Bestandteil Cellulose wird aber von keinem der im Magen- und Darmsaft der höheren Tiere enthaltenen Verdauungsfermente angegriffen, wie sie die Nährstoffe sonst chemisch auflösen und aufsaugungsfähig machen, damit sie in das Blut übergehen können.

Nun hat die Natur den herbivoren Tieren, die ganz auf die so viel schwerer aufschließbare Pflanzennahrung angewiesen sind, verschiedene Mittel gegeben, um sie in den Stand zu versetzen, ihr Futter doch auszunutzen, d. h. zunächst zu verdauen. Das eine besteht in der verstärkten Fähigkeit zur mechanischen Zerkleinerung. Hierfür sind die herbivoren Säugetiere, im Gegensatz zu den Carni- und Omnivoren, mit typischen Mahlzähnen mit breiten Reibeflächen ausgestattet, und die Wiederkäuer noch besonders mit der Gewohnheit, das bei der Nahrungsaufnahme zunächst nur oberflächlich gekaute und dann in die großen Vorratskammern der Vormägen abgeschluckte Futter immer wieder aufs neue zwischen den Mahlzähnen zu zerreiben, einzuspeicheln und im Magen zu durchmischen.

Eine zweite Erleichterung für die Aufschließung der Pflanzennahrung besteht in der *Symbiose mit Bakterien*, die im Magen und Darme der Herbivoren durch ihre eigenen fermentativen Fähigkeiten die Cellulose angreifen und vergären und dadurch den Zellinhalt der chemischen Verdauung zugänglich machen. Je gründlicher die mechanische Verdauung vorarbeitet, um so leichteres Spiel haben die Bakterien; sie brauchen aber auch genügend Raum und Zeit, die ihnen nur bei geräumigen Futterkammern im Magen und bei einem nicht zu schnellen Durchgang durch den hierfür besonders verlängerten Darm gewährt werden. Alle diese Bedingungen für die mechanische und bakterielle Aufschließung sind nun bei den Wiederkäuern am weitgehendsten erfüllt.

Ihre Entwicklung zeigt auch deutlich, daß es sich beim Wiederkauen und den großen Magenkammern tatsächlich um Anpassung an die Pflanzenkost handelt. Denn beim Lamm und Kälbchen entwickelt sich beides erst, wenn sie von der Muttermilchnahrung zum Pflanzenfressen übergehen. Bis dahin tritt kein Wiederkauen auf und ist auch von allen Magenabteilungen hauptsächlich der *Labmagen* ausgebildet, in dem, wie der Name andeutet, die Milch gelabt, d. h. durch Labferment chemisch gespalten und verdaut wird, während die drüsenfreien Vormägen erst nachher größer werden. Besonders geräumig wird der *Pansen*, der beim erwachsenen Schafe etwa 13 und beim Rinde bis zu 200 Liter Inhalt zu fassen vermag und in 2 große Säcke geteilt ist. Ihm benachbart ist die *Haube*, wegen der eigentümlichen Oberflächeneinteilung ihrer Innenhaut auch *Netzmagen* genannt. In beide (s. Fig. 1) führt der Weg von der Speiseröhre aus durch einen gemeinsamen trichterförmigen *Haubenpansenvorhof*, und zwischen Haube und Labmagen ist noch als Reusen- und Filterapparat der durch die lamellenförmigen Blätter seiner Innenwand ausgezeichnete *Psalter* oder Buchmagen eingeschaltet. Alle diese Vormägen besitzen aber keine fermentliefernde Schleimhaut und sind als Vorratskammern und mechanische Apparate zu betrachten. Man braucht nur an den für die jeweiligen mechanischen und chemischen Anforderungen fein abgestuften und in sinnreicher Weise durch die periphere und zentrale Nervenversorgung regulierten Ablauf der Funktionen bei unserem einfachen menschlichen Magen zu denken, um die Fülle der Probleme zu ermessen, die sich auf den *Mechanismus und Chemismus* in einem so kompliziert gebauten Systeme erstrecken, wie es der Wiederkäuermagen darstellt.

Von der *Größe des Umsatzes*, der sich hier abspielt, läßt sich daraus ein Bild gewinnen, daß beim erwachsenen Rinde täglich etwa 1 Zentner Vormageninhalt in den Labmagen befördert wird; wie auch ferner daraus, daß, wie Zuntz und

W. KLEIN feststellen konnten, von den ca. 4000 Litern Kohlensäure, die ein Rind in 24 Stunden produziert, nur $^2/_3$ als Atmungsgas im Austausche mit dem eingeatmeten Sauerstoff, $^1/_3$ aber, d. h. etwa 1200 Liter Kohlensäure, täglich durch die bakteriellen Gärungen im Magen und Darm entstehen und durch Maul und After als Gärgas abgeschieden werden. Und neben der Kohlensäure entsteht noch Methan in täglich halb so großer Menge. Bei reichlicher Mehltränkezufuhr kann aber auch eine vorwiegende Wasserstoffgärung eintreten. Diese mit der Entwicklung der genannten Gase verbundenen *Gärungen* sind ausschließlich

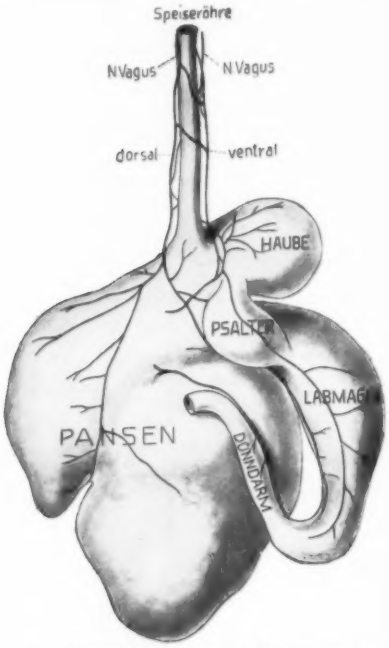

Fig. 1. Der Magen des Schafes mit den Verzweigungen des rechten (ventralen) und linken (dorsalen) Lungen-Magen-Nerven (N. vagus).

auf die Lebenstätigkeit der Bakterien zurückzuführen, die besonders im Pansen einen idealen Gärbottich für ihr Leben und Gedeihen finden. Die *Bakterienflora* des Pansens, um deren Erforschung sich besonders SCHEUNERT verdient gemacht hat, enthält vorwiegend Milchsäurebakterien, ferner Kokken, Cellulose lösende Bakterien und Erreger der Eiweißfäulnis, daneben auch Schimmelpilze. Als Material für die Gärungsvorgänge dienen in erster Linie die Kohlehydrate, wobei auch die zu ihnen gehörige *Cellulose der pflanzlichen Rohfaser* aufgeschlossen wird. Daher können die Wiederkäuer mit Hilfe ihrer Magen- und Darmbakterien Rohfaser besonders gut verdauen, und man rechnet, daß beim Rinde über 60 % davon nicht wieder in den Ausscheidungen erscheinen. Wieviel davon wirklich im Haushalt des Organismus energetisch ausgenutzt wird, ist dabei noch stark umstritten. Nach KELLNER soll die Cellulose ebenso gut verwertet werden wie andere Kohlehydrate, z. B. Stärke. Einmal ist nun in Betracht zu ziehen, daß die mechanische Zerkleinerung der Pflanzenteile eine Verdauungsarbeit verursacht, deren energetischer Wert also von dem Nutzen für das Tier abgezogen werden muß. Und weiter wird neuerdings immer mehr geltend gemacht, daß von den bakteriellen Zersetzungsprodukten der Rohfaser doch nur die dabei entstehenden organischen Säuren energetisch in Betracht kommen, nicht aber die Kohlensäure, Methan und Wasserstoff, die ja gasförmig den Körper ungenutzt verlassen. Man hat die Hilfshypothese aufgestellt, daß die Cellulose durch die Bakterien ebenso wie durch hydrolytisch wirkendes Ferment so aufgeschlossen würde, daß daraus zunächst Cellobiose und Traubenzucker entstünde, welch letzterer von dem Tiere ebenso wie der durch die Verdauung mit Speichel aus Stärke entstandene verwertet würde. Dem steht aber entgegen, daß besonders im Pansen mit seiner harten Innenhaut keine Aufsaugung dieses Traubenzuckers erfolgen kann, und daß man trotzdem doch diesen Zucker nicht in irgendwie in Betracht kommender Menge im Panseninhalt auffindet, daß vielmehr immer nur die Zersetzung in organische Säure und jene Gase nachweisbar ist, so daß besonders die Mengenbestimmung der letzteren nach BRAHM auch für die Bestimmung der Verdaulichkeit der rohfaserhaltigen Futtermittel verwendet werden kann.

Für die Beurteilung der wirklichen *Ausnutzung rohfaserhaltiger Futtermittel* im Stoffwechsel des Tieres gibt die Feststellung des Verdauungsquotienten natürlich noch keine erschöpfende Auskunft, und es müßte im allgemeinen mehr als bisher auch berücksichtigt werden, daß die Ausscheidung eines Teiles der Cellulose in Form von Methan auch noch einen, meist unkontrollierten Energieverlust bedeutet. Nach allen diesen neueren Untersuchungen und Erwägungen kann man sich dem Eindruck und der Annahme nicht verschließen, daß bei der Tätigkeit der Magen- und Darmbakterien der Wiederkäuer hinsichtlich der Rohfaser die *hauptsächliche Bedeutung der bakteriellen Auflösung der Cellulose* vielleicht nicht so sehr in der Nutzbarmachung der Rohfaser als Nährstoff, als vielmehr in der Zugänglichmachung des wertvollen eiweißhaltigen Inhaltes der Pflanzenzellen durch die Auflösung ihrer Zellwände liegt.

Über die Verdaulichkeit der rohfaserhaltigen Futtermittel Aufschluß zu geben, ist auch die *Untersuchung mit Hilfe des Mikroskopes* sehr geeignet. So habe ich im Laufe der letzten Jahre im Tierphysiologischen Institut gemeinsam mit den Diplomlandwirten Doktoren KRÜGER, KATH und W. MEYER durch mikroskopische Untersuchungen des Mageninhaltes und des Kotes von Hühnern

und Tauben zeigen können, wie außerordentlich widerstandsfähig die Kleberzellen der Getreidekörner für das Eindringen der Magen- und Darmfermente des Geflügels sind, so daß die einzelnen Zellen, die dem Aufbrechen zwischen den Magensteinchen entgehen, zum weitaus größten Teile gar nicht ausverdaut werden. Dr. MEYER hat dann nachgewiesen, daß die äußerst geringe Ausnutzung der Cellulose bei den Hühnern fast ausschließlich auf ihrer Blinddarmfunktion beruht, indem hier wenigstens eine gewisse bakterielle Auflösung der Kleberzellhüllen stattfindet.

Im Vergleich hierzu leistet der *Pansen der Wiederkäuer* weit wirksamere Arbeit. Hierüber hat MEYER weitere Untersuchungen an unseren Schafen angestellt, die er in aufeinanderfolgenden Perioden mit Weizen, Roggen, Hafer und Gerste fütterte und deren Panseninhalt und Kot er mikroskopisch prüfte. Der Panseninhalt wurde hierzu mittels des Magenschlauches zu bestimmten Zeiten nach der Fütterung entnommen. Hierbei stellte sich heraus, daß die ersten wahrnehmbaren Veränderungen, die die bakterielle Zersetzung an den Kleberzellen bewirkt, beim Hafer bereits nach 1 Stunde Aufenthalt im Pansen, beim Weizen und Roggen nach 2, bei der Gerste dagegen erst nach 8 Stunden auftreten. Dementsprechend zeigen sich die Kleberzellen der verfütterten Probemengen im Pansen bei Hafer nach 16—18 Stunden völlig aufgelöst, bei Weizen und Roggen erst nach 22—24 Stunden, bei Gerste aber erst nach 30 bis 32 Stunden. Einiges wird natürlich schon vorher in den Labmagen weiterbefördert.

Der Vorgang der Auflösung spielt sich dabei so ab, daß die Cellulosemembranen zuerst verquellen und sich aufhellen, mit fortschreitender Zersetzung Risse und Löcher bekommen, und die Zellen durch die vorangehende Auflösung der Mittellamellen aus ihrem Verbande gelöst werden. Die *Verdauung des Zellinhaltes*, der ja hierbei der Pansenflüssigkeit mit ihren Bakterien zugänglich wird, geht dabei nicht wie bei den Hühnern auf dem für die Fermentverdauung charakteristischen Wege der *tropfigen Entmischung des Zellplasmas* (s. Fig. 2) vor sich, wobei sich zunächst das Eiweiß herausverdaut und das mit mit ihm vermischte Fett in Tröpfchen abscheidet, sondern auf dem Wege einer *körnigen Auflockerung* des Zellinhaltes, die *für die bakterielle Zersetzung charakteristisch ist* (s. Fig. 3).

Was dieser Pansenverdauung entgeht, wird dann im Darme durch die auch hier wirksamen Cellulosebakterien zersetzt. Auch für diese unangreifbar werden aber die Frucht- und Samenschalen der Getreidekörner von den Schafen im Kote abgeschieden, in dem man sie mittels des Mikroskopes wiederfinden kann.

An die im Verdauungstraktus der Wiederkäuer lebenden Bakterien knüpfen sich auch hinsichtlich der *Eiweißverdauung* mancherlei Fragen. Einmal ist es klar, daß beständig auch Bakterien dort zugrunde gehen und dann dem Wirtstiere selbst als Eiweißquelle dienen. Ob dies eine wesentliche Rolle spielt, soll uns noch beschäftigen. Die Menge der Bakterien ist wohl manchmal überschätzt worden. Kürzlich hat C. SCHWARZ die Menge der

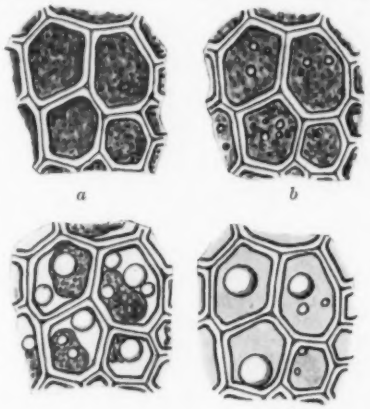

Fig. 2. Verdauung der Kleberzellen vom Weizenkorn beim Huhn (zum Vergleich mit Fig. 3). „Tropfige Entmischung" des Zellinhaltes als Typus *fermentativer* Verdauung. *a—d* fortschreitende Stadien.

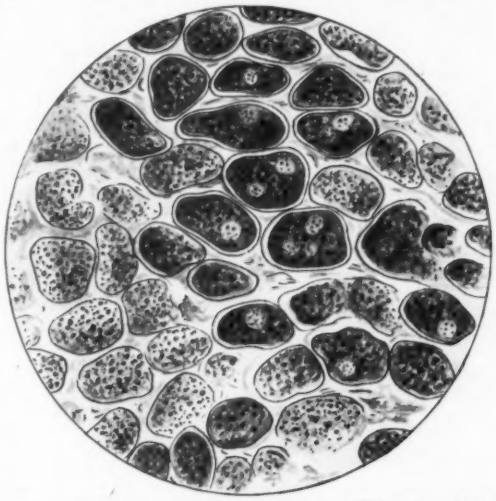

Fig. 3. Verdauung der Kleberzellen vom Weizenkorn beim Schaf. Kleberschichtfragment nach 4 Stunden Aufenthalt im Pansen. „Körnige Auflockerung" des Zellinhaltes als Typus *bakterieller* Verdauung. Auflösung der Zellhüllen.

Pansenbakterien bestimmt und gefunden, daß der auf die Bakterien fallende Eiweißanteil des gesamten Panseneiweißes 11,7% beträgt. In meinen Untersuchungen mit C. SCHMITT-KRAHMER an

Schafen fanden wir in guter Übereinstimmung damit 10% für diesen Wert.

Von besonderer Bedeutung wäre es, wenn die Bakterien beim Aufbau ihrer eigenen lebenden Substanz in größerem Maßstabe imstande wären, ihr Körpereiweiß aus nicht eiweißartigen stickstoffhaltigen Stoffen aufzubauen und hierdurch ihren Wirtstieren zu einer Eiweißzufuhr aus solchen Stoffen der Nahrung zu verhelfen, die der Wiederkäuer sonst nicht für seinen Stickstoffwechsel verwerten könnte. In diesem Sinne sind, besonders während des Krieges, bereits mehrfach Fütterungsversuche angestellt worden, in denen man das Eiweiß der Nahrung wenigstens teilweise durch sog. Amide, d. h. nicht eiweißartige stickstoffhaltige Stoffe, zu ersetzen versuchte. Dabei blieb es zunächst noch dahingestellt, ob die Tiere in ihrem eigenen Stoffwechsel oder nur durch Vermittlung ihrer Magen-Darmbakterien diese Amide für ihren Eiweißaufbau verwerten würden.

Daß tatsächlich manche nicht eiweißartige stickstoffhaltige Stoffe beim Wiederkäuer weitgehend als Ersatz des Futtereiweißes herangezogen werden können, geht aus älteren Versuchen von ZUNTZ und HAGEMANN hervor. Es sind dann besonders VÖLTZ, MORGEN und KELLNER für eine gewisse *Ersatzmöglichkeit des Eiweißes durch Amide beim Wiederkäuer* eingetreten. HANSEN und HONCAMP haben die Ersetzbarkeit des Eiweißes bis zu einem gewissen Grade durch Harnstoff für die Milchbildung nachgewiesen. VÖLTZ ist der Meinung, daß der verfütterte Harnstoff zunächst zum Aufbau von Bakterieneiweiß verwendet wird. Daß Pansenbakterien in dieser Weise Amide verwerten können, hat MAX MÜLLER bei LEHMANN durch Züchtung von Pansenbakterien auf amidhaltigen Nährböden gezeigt. Ob sie das wirklich auch im Pansen tun, scheint damit noch nicht bewiesen; denn auch SJOLLEMA gelang es, Pansenbakterien in bestimmten Lösungen zum Aufbau von höheren Eiweißbausteinen zu bringen; in unverdünnter Pansenflüssigkeit konnten sie das aber nicht.

So sind, wie SCHEUNERT hervorhebt, die tatsächlichen Verhältnisse noch recht undurchsichtig, und es ist zu verlangen, daß einmal der Nachweis erbracht wird, daß durch Fütterung von Amiden eine erhebliche Zunahme der Pansenbakterien zu erzielen ist.

Man wird vom Standpunkt des Physiologen in dieser Hinsicht besonders gegen den *Harnstoff* skeptisch sein müssen. Denn Harnstoff ist eine Substanz, die durch die synthetischen Fähigkeiten des Tierkörpers aus Endprodukten des Eiweißstoffwechsels, nämlich Ammoniak und Kohlensäure, in der Leber gebildet und dann durch die Niere und den Harn ausgeschieden wird, und zwar, um den Körper von diesen Stoffwechselschlacken zu entgiften; daher erscheint es eigentlich unphysiologisch, wenn man diese Substanz von der anderen Seite her dem Tiere wieder künstlich einverleibt. Man wird auch nach verschiedenen, von SCHEUNERT und mir beobachteten schweren und zum Teil tödlichen Vergiftungsfällen bei Zufuhr größerer Harnstoffgaben immerhin wohl damit rechnen müssen, daß auch bei häufiger Wiederholung *kleiner* Gaben zu Fütterungszwecken Vergiftungserscheinungen in chronischer Form auftreten können, die das Tier schädigen.

Vielleicht sind *andere Amide* weniger bedenklich. Aus der jüngsten Zeit sind da besonders unter EHRENBERGS Leitung entstandene Untersuchungen zu erwähnen: PAASCH konnte bei Milchkühen $^1/_4$ Jahr lang 30—50% des verdaulichen Eiweißes durch Ammonacetat ersetzen, das zugleich eine Reizwirkung auf die Milchdrüsen zeigte. Auch derartige Wirkungen können aber verschieden ausfallen; denn WILLIGER fand vom Glykokoll unter 6 Ziegen nur bei einer eine Reizwirkung für die Milchproduktion. Während man vom Glykokoll auch eine Ersatzfähigkeit für Eiweiß hätte erwarten können, und diese Aminosäure auch tatsächlich in WILLIGERS Versuchen vollständig ins Blut überging, wurde sie dann aber durch den Harn ausgeschieden und konnte also das Nahrungseiweiß nicht ersetzen.

Auch die Frage nach der *Fütterung der Wiederkäuer mit Amiden* statt mit Eiweiß und besonders, ob die Bakterien dabei eine durch ihre synthetischen Fähigkeiten günstige Rolle spielen können, ist hiernach zwar noch nicht gelöst, doch durch eine Anzahl neuerer Versuche und Beobachtungen so weit gediehen, daß von dieser Seite her keine allzu großen Erfolge und Aussichten zu winken scheinen, die auf die Möglichkeit einer Verbilligung der Zufuhr stickstoffhaltiger Futtermittel hinausliefen.

Die Bakterienfragen stehen in engem Zusammenhang mit anderen, die sich auf eine *zweite Kategorie von Mikroorganismen* beziehen, die ebenso wie die Bakterien *im Pansen der Wiederkäuer* als regelmäßig vorhandene Symbionten vorkommen. Es sind dies eine Anzahl von Wimperinfusorien, wie sie sich ebenso in jedem Heuaufguß ansiedeln. So wie die dort auftretenden entwickeln sich auch die *Panseninfusorien* aus Dauerkeimen, die aber für ihre Entwicklung zum Teil ganz spezifischer Lebensbedingungen bedürfen. Denn wenn auch im Pansen verschiedener Wiederkäuer in verschiedenen Erdteilen größtenteils die gleichen Arten gefunden werden, so sind doch einige darunter, die sich eben nur im Pansen und nicht auch in anderen Heuaufgüssen entwickeln. Im ganzen finden sich bei Schafen z. B. stets 19 verschiedene Arten von Infusorien, Diplodinium-, Entodinium-, Oxytricha-, Isotrichaarten. Sie alle verlangen für ihr Gedeihen und Fortbestehen die Zufuhr von grünen Pflanzenteilen. Wir konnten bei Schafen feststellen, daß sie bei Fütterung ohne grüne Pflanzenteile, besonders Heu, ebenso wie durch völlige Futterentziehung, ihre Infusorien in wenigen Tagen verlieren. Diese gehen dann offenbar schnell zugrunde, geraten weiter in den Labmagen und Darm und werden hier verdaut. Selbstverständlich kommen auch unter natürlichen Fütterungsbedingungen stets zahlreiche *Infusorien* auf diesem

Wege dazu, ihrem Wirtstier als Nahrung zu dienen. Daher ist es auch schon eine alte Frage, ob sie nicht *als Eiweißquelle für die Wiederkäuer* eine bedeutendere Rolle spielen. Auch hier wäre es besonders wichtig zu wissen, ob die Infusorien etwa, so wie man es für die Bakterien annahm, nicht auf pflanzliches Reineiweiß angewiesen sind, sondern vielleicht ihre Körpersubstanz auch aus Amiden aufbauen könnten, und das womöglich in einem so hohen Ausmaß, daß sie als Eiweißquelle für ihre Wirtstiere eine größere Bedeutung gewännen.

Als eine beachtenswerte Eiweißquelle kann dies aber erst in Betracht kommen, wenn der *Anteil des Infusorieneiweißes am gesamten Eiweiß des Vormageninhaltes* einen erheblichen Prozentgehalt erreicht. Wieviel dieser beträgt, hat unlängst CARL SCHWARZ am Rinderpansen festzustellen versucht. Er fand hierbei an dem gesamten Stickstoffgehalt des Panseninhaltes den Infusorienstickstoff mit 20% beteiligt. SCHWARZ hält es hiernach für nicht unwahrscheinlich, daß der größte Teil des *Eiweißbedarfes der Wiederkäuer auf dem Umweg über das Eiweiß der Mikroorganismen* gedeckt wird, und daß den Bakterien und Infusorien eine sehr erhebliche, wenn nicht ausschlaggebende Bedeutung als Nahrungsquelle zukommt. SCHEUNERT, der schon vordem den Panseninfusorien keine wesentliche Bedeutung zuschrieb, hält auch nach diesen erstaunlichen Mitteilungen von SCHWARZ die Frage noch keineswegs für endgültig geklärt.

Es läßt sich leicht vorstellen, welche ungeheure, auch die Praxis der Fütterung auf eine ganz neue Basis stellende Erkenntnis es wäre, wenn sich wirklich herausstellte, daß von dem ganzen Eiweiß, das wir dem Wiederkäuer in seiner Nahrung verfüttern, so gut wie nichts von ihm selbst mittels seiner Verdauungsfermente unmittelbar verdaut wird, daß vielmehr sämtliches Eiweiß erst von den Bakterien zersetzt oder von den Infusorien einverleibt und verdaut, und von diesen Mikroorganismen in eigene Leibessubstanz umgewandelt würde, und daß erst dieses mit ihren Leichen in den Labmagen und Darm geratende Bakterien- und Infusorieneiweiß von dem Wiederkäuer aufs neue abgebaut und ihm selbst nutzbar würde. *Die Wiederkäuer wären dann eigentlich Fleischfresser!* Die Forschung müßte dann die Bedingungen ausfindig machen, durch die man die Masse der Bakterien und Infusorien aufs höchste vermehren könnte, und die Praxis brauchte nur noch die billigsten stickstoffhaltigen Substanzen der chemischen Industrie zu verwenden, um auf dem Wege über Bakterien- und Infusorieneiweiß das schönste Hammel- und Rindfleisch zu erzeugen.

Angesichts dieser bedeutungsvollen Probleme haben wir uns selbst eingehend mit den Panseninfusorien beschäftigt und im Tierphysiologischen Institut zunächst versucht, ihren noch gänzlich unbekannten Stoffwechsel zu ergründen.

Es war kein Zweifel, daß die *Panseninfusorien* von den Futterstoffen des Panseninhaltes leben, auch daß sie nur bei Heufütterung da sind und z. B. bei ausschließlicher Milchfütterung verschwinden. Völlig ungeklärt war es aber, was sie eigentlich alles ihren Wirtstieren an Nährstoffen aus dem Magen wegfressen oder wieweit ihr Treiben etwa zur *Aufschließung der Pflanzennahrung* des Wiederkäuers beiträgt. Ich ließ daher durch den Diplomlandwirt Dr. TRIER ihren Stoffwechsel untersuchen. TRIER entnahm die Infusorien mit den Proben des Panseninhaltes mittels der Magensonde aus Schafen, die kurz vorher mit bestimmten Futtermitteln gefüttert waren und untersuchte mikrochemisch, was die Infusorien aufnahmen und wie sie es verarbeiteten. Er brachte es auch so weit, die hungrigen Infusorien in der Pansenflüssigkeit im Wärmschrank aufzubewahren und direkt unter dem Mikroskop den Vorgang der Nahrungsaufnahme bei ihnen zu beachten. Dabei war besonders ihre Vorliebe für Stärke und Zucker auffallend. Mit den Stärkekörnern fraßen sie sich manchmal so voll, daß die Konturen ihres Leibes Ausbuchtungen bekamen (s. Fig. 4). Und dann konnte man sehen, wie die Stärkekörner allmählich ganz in derselben Weise aufgelöst wurden, als wenn sie etwa durch menschlichen Speichel oder durch das Diastaseferment der keimenden Gerste verdaut werden. Und weiter zeigte sich, daß die Infusorien, wenn sie Stärke oder Traubenzucker oder Milchzucker gefressen hatten, in ihrer Leibessubstanz tierische Stärke als Reservestoff ansetzten, und daß dieses Glykogen sich wieder verbrauchte, wenn man die Tierchen hungern ließ. Mit anderen Worten, es ergab sich *das Bild eines lebhaften Kohlehydratstoffwechsels*. Auch die Auflösung von grünen Pflanzenteilen im Innern der Infusorien konnte TRIER beobachten, während ihr feinerer Eiweißstoffwechsel noch dunkel blieb.

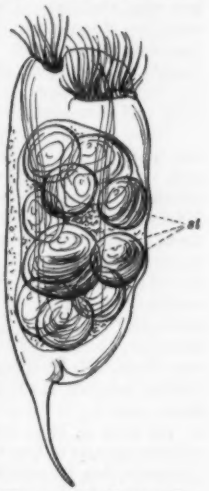

Fig. 4. Ein Pansen-Infusorium (Diplodinium longispinum) nach reichlicher Aufnahme von Stärkekörnern (*st*).

Auch hierzu hatten wir aber im Anschluß an die TRIERschen Infusorienversuche Gelegenheit, Stellung zu nehmen. Den Anteil dieser Tierchen am ganzen Panseninhalt denken wir noch berechnen zu können. Zunächst haben wir die Kenntnis von ihren Zahlenverhältnissen auf eine exakte Grundlage gestellt. Dabei hat Diplomlandwirt FERBER durch viele Auszählungen in Pansenproben mehrerer Schafe gefunden, daß die 19 verschiedenen Arten, in denen sie regelmäßig hier vor-

kommen, mit so zahlreichen Individuen vertreten sind, daß *jeder Kubikzentimeter Panseninhalt durchschnittlich fast 1 Million Panseninfusorien enthält.*

Auch über die Beteiligung des Infusorieneiweiß und Bakterieneiweiß an dem Gesamteiweiß des Panseninhaltes haben wir uns selbst ein Urteil zu bilden versucht. Für die Infusorien schien sich mir hierzu eine Möglichkeit zu bieten, da sie ja, wenn man ein Schaf hungern läßt, in wenigen Tagen aus seinem Pansen verschwinden. Wenn wir nun in ähnlicher Weise, wie SCHWARZ es getan hat, die *Stickstoffverteilung im Pansen* auf die einzelnen Fraktionen, nämlich Reineiweiß und Amide sowie Stickstoff der gelösten Stoffe und Stickstoff der auf einem Filter zurückbleibenden Futterreste plus Infusorien, analysierten, so mußten sich deutliche Unterschiede erwarten lassen zwischen einem normal gefütterten Schafe, bei dem das Infusorieneiweiß 20% des Gesamteiweiß im Panseninhalte ausmachen sollte und einem Schafe, das durch Hunger infusorienfrei gemacht, dann aber mit demselben Futter ernährt wird.

Diese Untersuchung habe ich gemeinsam mit Dr. SCHMITT-KRAHMER durchgeführt. Es ergab sich dabei zunächst, daß der gesamte *Stickstoffgehalt im Pansen* beim Schafe bei Ernährung mit Heu und einer aus Gerstenschrot und Leinkuchenmehl bereiteten Tränke sich außerordentlich konstant auf der Höhe von etwa 0,2% Stickstoff hält. Er ist dabei abhängig von der Konsistenz des Panseninhaltes; ist dieser dickflüssiger, so steigt der Stickstoff auf 0,3 oder selbst 0,4%; ist er dünnflüssiger, so sinkt er wieder. Natürlich kann man den Stickstoffgehalt im Pansen durch eiweißreiches Futter steigern, doch geht er auch bei Kraftfutter kaum über 0,4% hinaus. Im Hungerzustande sinkt er bis zum 4. Tage auf 0,1 und bis zum 7. Tage weiter auf 0,05% herab. Eine minimale Stickstoffzufuhr in den Pansen findet wohl auch im Hungerzustande mit den spärlichen Absonderungen der Schleim- und Speicheldrüsen vom Maule und der Speiseröhre aus statt.

Wir hatten nun nach den Angaben von SCHWARZ erwartet, daß die von Tage zu Tage fortschreitende Abnahme des Panseneiweißes beim Hungern im Vergleich zur Anfangsmenge, beim infusorienhaltigen Schafe um 20% größer sein würde als beim infusorienfreien Tiere; denn bei beiden wird wohl im Hungerzustande das von den vorangegangenen Fütterungen her noch im Pansen befindliche Eiweiß zersetzt und zum Teil in den Labmagen abgeschoben. Aber bei dem infusorienhaltigen Pansen müssen doch außerdem zugleich mit den Infusorien innerhalb der ersten 3—4 Hungertage eben jene 20% des gesamten Stickstoffes verschwinden. Bei allen diesen Versuchen traten aber weder absolute noch prozentuelle Unterschiede auf, die irgendwie für eine merkliche Beteiligung des Infusorienstickstoffes an dem Gesamtstickstoffe hätten geltend gemacht werden können.

Auch im Verhältnis des Reineiweißes zu den Amiden, das im Pansen normal 90% zu 10% betrug, trat beim Verschwinden der Infusorien, wodurch doch die Reineiweißfraktion herabgesetzt wurde, keinerlei Veränderung auf, die sich im Sinne der Infusorienhypothese hätte verwerten lassen.

Allgemein ergibt sich aus unseren Versuchen also zunächst noch keine Wahrscheinlichkeit dafür, daß die *Panseninfusorien* eine praktisch bedeutsame Rolle *als Eiweißquelle für die Wiederkäuer* spielen, und daß demgemäß die Aussicht bestände, die Eiweißzufuhr durch Anreicherung dieser Mikroorganismen zu steigern. Unsere weiteren Versuche müssen noch sicherstellen, ob die Panseninfusorien überhaupt imstande sind, ihr Körpereiweiß auch aus nichteiweißartigen stickstoffhaltigen Stoffen aufzubauen. Nach TRIERS Beobachtungen decken sie ihren Eiweißbedarf offenbar normalerweise aus dem Eiweiß der grünen Pflanzenteile, während es ihm nicht gelang, eine wesentliche Eiweißaufnahme in Gestalt von Blutmehl u. dgl. durch die Panseninfusorien zu beobachten. FERBER ist es nun gelungen, zu beobachten, daß die Infusorien gierig Milchtröpfchen aufnehmen und auch, daß sie diese in ihrer Körperhöhle bald im Sinne der Verdauung verändern. Diese morphologischen Veränderungen der Milchtröpfchen, deren Fettinhalt ja bekanntlich von einer Eiweißhülle umgeben ist, gehen aber vollkommen parallel den Veränderungen, die sie auch außerhalb der Infusorien in der Pansenflüssigkeit erfahren, sie sind also auf bakterielle Zersetzungen zurückzuführen, die sich in gleicher Weise innerhalb wie außerhalb der Panseninfusorien abspielen.

Hieraus ergibt sich zugleich ein Hinweis darauf, daß die *Infusorien, deren biologisches Verhältnis zu den Pansenbakterien* bisher noch gar nicht näher in Betracht gezogen worden ist, selbst Bakterien aufnehmen und vermutlich auch diese wieder verdauen, vor allem aber sich ihrer auch zur bakteriellen Aufschließung ihrer eigenen Nahrung bedienen können. Durch diese Möglichkeit kompliziert sich nun zunächst die Biologie der chemischen Umsetzungen im Pansen noch weiter, und man muß die Frage aufwerfen, wieweit etwa die Infusorien auch selbst wieder in ähnlicher Weise wie es für den Wiederkäuer angenommen wird, auf die Aufschließung ihrer Nahrung durch die symbiontischen Pansenbakterien angewiesen sind.

Aus allen diesen Beobachtungen tritt besonders deutlich hervor, wie ungeheuer viel verwickelter der Chemismus der Verdauung im Wiederkäuermagen ist, als es etwa für unseren eigenen omnivoren Magen und Dünndarm zutrifft, in denen die wohlbekannten, von den Verdauungsorganen selbstproduzierten Fermente so gut wie alles bewirken, was für die chemische Auflösung und für die Resorptionsfähigkeit der Nährstoffe nötig ist.

Das gleiche gilt nun auch, wenn wir den *Mechanismus des Wiederkäuermagens* mit dem unseres eigenen vergleichen. Beim Wiederkäuer gestalten

sich die Verhältnisse viel mannigfaltiger nicht nur durch die eigentümliche Hilfsaktion, die dieser Gruppe von Tieren den Namen gab, sondern besonders auch dadurch, daß hier die 5 verschiedenen Magenabteilungen, jede mit besonderen Aufgaben und besonderem Mechanismus, an der Aufnahme und Weitergabe des Futters beteiligt sind.

Es lag daher nahe, auch die *Mechanik des Wiederkäuermagens* mit den Methoden der fortgeschrittenen Wissenschaft zu untersuchen, und da das Bedürfnis zur Vertiefung dieser Kenntnisse für die landwirtschaftliche und tierärztliche Physiologie sozusagen in der Luft lag, sind denn in den letzten zwei Jahren von mehreren Seiten, unabhängig voneinander, neue Untersuchungen angestellt worden, die das bisherige Wissen von diesen Dingen wesentlich erweitert und auf exaktere Grundlagen gestellt haben. Zunächst veröffentlichte WESTER in Utrecht umfangreiche Versuchsergebnisse, die er hauptsächlich am Rinde gewann; er hatte nach Anlegung einer künstlichen Öffnung in den Pansen die Bewegungen der einzelnen Magenteile mit der durch diese *Pansenfistel* eingeführten Hand abgetastet und zum Teil auch Haube und Pansen ihre Bewegungen durch Verbindung mit Registrierinstrumenten automatisch aufzeichnen lassen.

Sehr schöne Ergebnisse haben dann STIGLER und CZEPA in Wien bekanntgegeben, die mit *Röntgendurchleuchtung* an normalen Ziegen die Bewegung, Füllung und Entleerung der einzelnen Mägen beobachteten. Wertvolle Ergänzungen über die Frage, wohin Futter und Trank vom Schlunde aus beim Wiederkäuer hingelangen, wurden gleichzeitig von STÅLFORS in Stockholm mitgeteilt, der seine Befunde an geschlachteten oder auch wieder mit einer Pansenfistel versehenen lebenden Kühen erhob.

Unabhängig von diesen Forschern hatte auch ich, gemeinsam mit W. KLEIN, Untersuchungen auf demselben Gebiete in Angriff genommen; wir haben dabei wieder eine ganz andere Methode verfolgt, indem wir Schafe als Versuchstiere wählten und an den lebenden Tieren durch chirurgische Operationen die Magenteile uns frei zu Gesicht brachten und ihre Bewegungsmechanik direkt beobachteten.

Die Versuche von STIGLER und CZEPA und die von STÅLFORS haben besonders die seit langer Zeit vielumstrittenen Fragen geklärt, *welchen Weg Speise und Trank im Magen der Wiederkäuer nehmen*. Flüssigkeiten laufen bei jungen Tieren in der Regel durch die Schlundrinne und Psalterrinne, zum Teil auch neben dieser her durch die Psalternischen gleich in den Psalter und Labmagen hinein, und dabei an dem Pansen, auch wenn er schon voll entwickelt ist, vorbei. Auch bei älteren Tieren laufen kleine Schlucke wenigstens gleich bis in Psalter und Labmagen, größere Flüssigkeitsmengen trinken sie aber in die Haube und den Pansen hinein.

Nach SCHEUNERT ist das auch abhängig von dem Füllungszustande des Pansens und der Konsistenz seines Inhaltes. Wir selbst hatten Gelegenheit, uns mehrfach über die Langsamkeit des Abtransportes und die *auffällige Retention* von äußerst dünnflüssigem Panseninhalte zu wundern, wie sie z. B. auch nach 1 Woche langer Entziehung von Futter und Wasser noch zu finden ist.

Nach STIGLER und CZEPA können bei jungen Tieren auch geformte Bissen gleich durch die Schlundrinne in Psalter und Labmagen übertreten. Später bleiben feste Bissen kurze Zeit im Vorhofe liegen und gleiten dann in Haube und Pansen hinein. Nach STÅLFORS bleibt gefressenes Gras und auch Kohl in Haube und Pansen, wo auch beim Wiederabschlucken nach dem Wiederkäuen alles festere wieder hineingeht; nur evtl. kommt davon etwas in den Psalter, aber nichts bis in den Labmagen.

Jedenfalls zeigt sich hier eine *feine Regulation des Nahrungstransportes im Wiederkäuermagen*, die sich, fern von jedem Schematisieren, den jeweiligen Bedürfnissen anpaßt und einen sinnreichen Mechanismus der Einzelfunktion wie des Zusammenarbeitens der verschiedenen Magenabteilungen erkennen läßt.

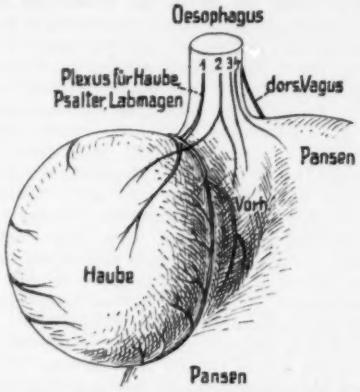

Fig. 5. Die Nervenäste am Übergang der Speiseröhre in den Magen. Der Hauben-Pansen-Vorhof als selbständige Magenabteilung.

Diese Mechanismen konnte ich durch meine Versuche mit KLEIN an 23 operierten Hämmeln und Ziegen weitgehend aufklären. Wir konnten da z. B. genau beobachten, wie sich die *Haube* bei ihren spontanen Bewegungen zuerst bis auf etwa Mandarinengröße und dann, mit einem zweiten Ruck, bis auf Pflaumengröße zusammenzieht. Den noch von WESTER geleugneten *Haubenpansenvorhof* konnten wir sich allein zusammenziehen sehen und dadurch seine Existenz als eine funktionell selbständige Magenabteilung sicherstellen (s. Fig. 5). Besonders haben wir auch die *Abhängigkeit aller einzelnen Magenabteilungen* von den Erregungen analysiert, die ihnen *vom Nervensystem* aus zugehen. Der ganze Magen wird durch

die beiderseitigen Lungen-Magennerven (Nervus vagus) (s. Fig. 1) mit Erregungsimpulsen versehen, die regulatorisch in die automatischen Bewegungsrhythmen des Magens eingreifen. Wir haben nun anatomisch und physiologisch die *Beziehungen der einzelnen Nervenäste zu den Magenabteilungen* studiert und in unserer darüber erschienenen Schrift[1] genau angeben können.

Auch der Wiederkäuermagen besitzt in seinen Wandungen ein Nervengeflecht, das den einzelnen Magenabteilungen, besonders dem Pansen, einen gewissen Grad von automatischer und rhythmischer Bewegungsfunktion verleiht. Die normalen Bewegungen sind jedoch mehr als z. B. beim Menschen oder beim Hunde auch von der zentralen Innervation, von den Nervenimpulsen, die dem Magen vom Gehirn aus zugehen, abhängig. Zunächst zeigt sich schon in dem rein *morphologischen Aufbau des Magennervensystems* eine, dort nicht in der Weise bestehende, doppelte Sicherung, insofern als jeder der beiden Vagusstämme, die von der Brusthöhle aus durch das Zwerchfell in die Bauchhöhle und an den Magen übertreten (s. Fig. 1), sowohl aus dem rechten wie aus dem linken Vagusstamme, wie er vom Gehirn aus und am Halse entlang in die Brusthöhle tritt, einen Teil ihrer Fasern bezieht. Daher bleibt denn auch die Durchschneidung eines Halsvagus ohne wesentlichen Einfluß auf die Magenfunktionen, weil dann der andere noch beide Hauptstämme des Magenvagus versorgt. Innerhalb der Bauchhöhle sind aber die beiden Vagusstämme in fast vollkommen durchgeführter Arbeitsteilung differenziert. Der linke versorgt fast ausschließlich den Pansen mit seinen beiden großen Säcken als motorischer Nerv, so daß auch die elektrische Reizung desselben hauptsächlich nur Pansenbewegungen auslöst (Fig. 1).

Der rechte Bauchvagusstamm spaltet sich dagegen in ein ganzes Bündel verschiedener Nervenäste auf, die teils gemeinsam, teils einzeln und ganz getrennt an den Haubenpansenvorhof, die Haube, den Psalter und den Labmagen herantreten und diese Magenabteilungen, wie die elektrische Reizung ergibt, motorisch versorgen (Fig. 1 und 5).

Der *Gegensatz zum menschlichen Magen* liegt nun darin, daß man diesen, wie es aus chirurgischen Anlässen geschieht, vollkommen in der Querrichtung durchschneiden kann, ohne die Funktionsfähigkeit der unteren Hälfte zu zerstören. Wenn man beim Schafe den linken Bauchvagus durchschneidet, so tritt auch nur eine vorübergehende Funktionsstörung ein. Wird aber der rechte Bauchvagus durchgeschnitten und die Bauchhöhle aseptisch wieder zugenäht, so wirkt diese Operation mit absolut tödlichem Erfolge, der allerdings erst nach vielen Tagen eintritt. Es zeigt sich dann, daß infolge dieser Durchschneidung die Weitergabe des Mageninhaltes zwischen den einzelnen Abteilungen schwer gestört war, und daß besonders der Magenpförtner sich vollkommen krampfartig verschließt, so daß eine Weitergabe des Nahrungsbreies vom Labmagen in den Darm nicht mehr stattfindet und das Tier bei vollem Magen, aber leerem Darm, zugrunde geht (s. Fig. 6).

Es ist hier nicht der Ort, auf die praktischen Folgerungen aus diesen Tatsachen für die Erkennung und Behandlung mancher Magen- und Darmerkrankungen unserer landwirtschaftlich nutzbaren Wiederkäuer einzugehen, oder die Unterschiede gegenüber dem menschlichen Magen genauer darzulegen.

Hier möchte ich nur noch auf eine Gruppe unserer Tierversuche eingehen.

Besonders interessant waren uns nämlich gewisse Wirkungen, die wir bei elektrischer Reizung jener großen Magennervenstämme erhielten. Wir konnten auf diese Weise nicht nur im Magen Bewegungen auslösen, sondern auch nach der anderen Seite hin Wirkungen erzielen, nämlich deutliche Kautätigkeit hervorrufen, die, mit einer größeren Zahl von seitlich ausholenden Kieferschlägen nur

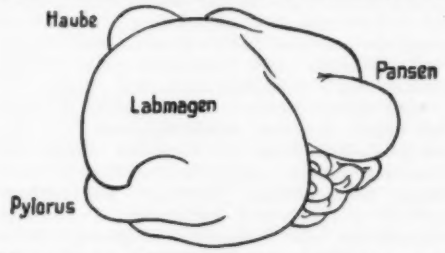

Fig. 6. Enorme Erweiterung des Labmagens infolge Verschluß des Pförtners nach Durchschneidung des rechten Vagus innerhalb der Bauchhöhle.

langsam nach Beendigung der Vagusreizung wieder aufhörte und dann von einer Schluckbewegung gefolgt war.

Diese Beobachtungen scheinen uns ein bedeutsames Licht auf die Frage zu werfen, *wie das Wiederkauen zustande kommt*. Sie zeigen nämlich, daß das Wiederkauen wohl weniger als ein willkürlicher Akt zu bezeichnen ist, als daß es vielmehr durch gewisse mechanische Erregungen ausgelöst wird, die durch die Füllung des Magens veranlaßt — von diesem ausgehend — auf dem Wege der Lungen-Magennerven das Gehirn erreichen und durch nervöse Umschaltung von diesem aus die Kaumuskulatur in Bewegung setzen.

Auch die *Beendigung jeder Wiederkauperiode* durch ein erneutes Abschlucken wird offenbar unwillkürlich, reflektorisch reguliert, wohl auch vom Magen aus, der danach den Bissen wieder aufnimmt. Während der nun eintretenden Pause im Wiederkauen wird der neue Bissen, wie wir aus unseren Untersuchungen schließen dürfen, durch den Hauben-Pansenvorhof (Fig. 5) gebildet, der ein Futterquantum durch seine Zusammenziehung umschließt, auspreßt, unter Beteiligung einer merkwürdigen, vom Zwerchfell gebildeten Muskel-

[1] E. MANGOLD und W. KLEIN, Bewegungen und Innervation des Wiederkäuermagens. Thieme: Leipzig 1927.

schlinge zum Bissen formt und in die Schlundröhre einschiebt, in der er dann zum Wiederkauen nach der Rachenhöhle aufsteigt.

Durch diese Beobachtungen von uns erledigen sich manche, auch noch in jüngerer Zeit aufgestellte Behauptungen über den *Mechanismus des Wiederkauens* und klärt sich allmählich das Bild, das wir uns vom Zustandekommen dieser Erscheinung zu machen haben.

Alles in allem dürfen wir sagen, daß sich die tierphysiologische Forschung jetzt auf einem Wege befindet, von dem wir mit einer gewissen Berechtigung hoffen dürfen, daß er auch noch zur Lösung derjenigen Probleme führt, die, wie die vorstehenden Ausführungen erkennen ließen, auf dem Gebiete unserer Kenntnisse von der Verdauung der zu unseren wichtigsten Nutztieren gehörigen Wiederkäuer heute noch nicht geklärt sind.

Gehölze im inneren Kleinasien.

Von K. KRAUSE, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Botanischen Garten.)

Bekanntlich stellt das innere Kleinasien eine Hochebene dar, die im Westen in einer Höhe von etwa 800 m ü. M. beginnt und nach Osten bis zu 1200—1300 m ansteigt. Sie ist auf drei Seiten, im Norden, Süden und Osten, von hohen, die zentrale Tafel meist noch beträchtlich überragenden Randgebirgen umgeben, die im Norden und Süden schroff und steil zum Meere abfallen, so daß eine nur wenig gegliederte, schmale Küstenzone übrig bleibt. Im Westen fehlt diese scharfe Begrenzung; die Hochebene geht hier allmählich in das niedrige, bergige Vorland über, und zahlreiche, meist in westöstlicher Richtung verlaufende Gebirgszüge vermitteln einen sanfteren Abfall zum Meer. Im Innern bildet das anatolische Hochplateau zwar eine einheitliche, fest geschlossene Masse, wird aber doch noch von verschiedenen niedrigen Höhenzügen durchsetzt, die einige abflußlose, z. T. stark versalzte Becken begrenzen. Außerdem treten mehrfach Inselgebirge auf, teils in Gestalt isolierter, oft ziemlich plötzlich und unvermittelt aufsteigender Kegel vulkanischen Ursprungs, teils Bruchstücke alter Bergketten. Die ältesten Gesteine sind Granite, Gneise und krystallinische Schiefer, die auch heute noch an vielen Stellen zutage treten, aber nirgends größere zusammenhängende Massen bilden, sondern meist von Kalk überlagert werden. Dieser ist in erster Linie beim Aufbau der anatolischen Scholle beteiligt und steht zumal im Innern auf weiten Flächen an.

Mit der morphologischen Gliederung hängen eng zusammen die klimatischen Verhältnisse. Während die Randgebiete zum Teil noch ziemlich hohe Niederschläge aufweisen, herrschen im Innern Kleinasiens ganz andere Bedingungen. Die hohen Gebirge, welche die zentrale Tafel besonders im Norden und Süden wie ein Wall umgeben, halten den größten Teil der vom Meer herübergewehten Feuchtigkeit ab. Nur im offenen Westen findet ein allmählicher Übergang vom maritimen zum kontinentalen Klima statt. Die feuchten Seewinde können hier noch am besten in das Land eindringen; je weiter man dann aber nach Osten geht und sich der fast völlig schartenlosen Tauruskette nähert, um so größer wird die Trockenheit. Diese Erscheinung läßt sich auch rein zahlenmäßig belegen. Während in Eski-Schehir, nahe dem Westrande der anatolischen Hochebene, bei etwa 800 m ü. M. jährlich 272 mm Regen fallen, besitzt Angora, erheblich weiter östlich in einer Höhe von 850 m ü. M., nur noch eine jährliche Regenmenge von 236 mm, und Konia, in der Nähe des Taurus und 1030 m ü. M. hoch liegend, bekommt im ganzen Jahr sogar kaum 180 mm Regen. Auch die Verteilung der Niederschläge ist eine sehr ungünstige. In Angora betragen sie z. B. in der Vegetationszeit in den Monaten Mai, Juni, Juli und August nur 93 mm, und die relative Luftfeuchtigkeit sinkt in dieser Zeit, nach neueren Feststellungen von Prof. Dr. RETLI, gelegentlich bis auf 0%. Die meisten Niederschläge fallen im Frühjahr, und neben diesen Lenzregen gibt es noch eine Art Nebenregenzeit, die in den westlichen und südlichen Gegenden im Herbst, in den nördlichen mehr im Frühwinter auftritt. Gewöhnlich sind die einzelnen Regen nur von kurzer Dauer, aber dabei doch oft so heftig, ja geradezu wolkenbruchartig, daß der vielfach nur von einer dünnen Humusschicht bedeckte Boden durch sie starke, mechanische Einwirkungen erleidet. Die Bewölkung ist im Innern Kleinasiens im Winter ziemlich groß, im Sommer gering oder meist ganz fehlend. Über die Temperaturverhältnisse besitzen wir nur wenige genauere Angaben. Im allgemeinen sind die Sommer sehr heiß und zeigen nicht selten mit einer Hitze von 30—35° oder darüber erhebliche Überwärmung. Andererseits ist infolge der hohen Lage die nächtliche Abkühlung eine sehr große. Selbst im Hochsommer hat man innerhalb von 24 Stunden Temperaturunterschiede bis zu 20° oder sogar noch mehr beobachtet; infolgedessen liegen die Mitteltemperaturen auch im Sommer verhältnismäßig niedrig. Der Herbst ist meist wärmer als der Frühling, was, da die Wirkung des Meeres im Innern kaum noch in Betracht kommen kann, wohl auf die erheblichen, lange liegenbleibenden Schneefälle des Winters zurückgeführt werden muß. Die Winter selbst sind kalt, oft sehr schneereich, und zeigen im Gegensatz zum Sommer häufig einige Unterkühlung. Im Osten stehen sie unter dem Einfluß einer sich von Ar-

menien hineinschiebenden Kältezunge und sind deshalb besonders streng, im Westen werden sie durch die Nähe des Meeres gemildert. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse in den der Hochebene aufgesetzten Gebirgen. Hier dauert der Schnee oft bis weit in das Frühjahr oder den Sommer hinein aus und verschwindet an manchen Stellen überhaupt nicht. Die Folge davon ist, daß die unteren Berghänge und Täler im Hochsommer mehr Feuchtigkeit besitzen als die angrenzende Hochebene und deshalb auch eine reichere und üppigere Vegetation aufweisen. Zusammenfassend kann man sagen, daß das Klima des inneren Anatoliens ein ausgesprochen kontinentales ist, mit kalten Wintern und heißen Sommern, großen Temperaturgegensätzen und geringen, überdies noch ungünstig verteilten Niederschlagsmengen.

Den klimatischen Bedingungen entspricht der Pflanzenwuchs. Während wir in den regenreichen Randgebieten, besonders im nördlichen Kleinasien, noch heute ausgedehnte Wälder antreffen, fehlen sie im Innern fast vollständig. Die herrschende Formation ist hier die Steppe, die im Sommer meist trocken und öde daliegt. Ihr Boden besteht in der Regel aus einer Kalkschicht, die an den tiefergelegenen Stellen von zusammengeschwemmtem Sand oder Lehm überlagert wird. Nicht selten tritt aber auch nacktes, kahles Gestein zutage, oft meilenweit von großen, groben Gesteinstrümmern bedeckt, die infolge der starken Temperaturgegensätze zwischen Tag und Nacht auseinandergesprengt sind. Nur gelegentlich ist eine karge humöse Erdkrume vorhanden, auf der sich etwas reicherer Pflanzenwuchs entwickeln kann, und noch seltener ist die Humusschicht mächtig genug, um Wälder oder Gebüsche entstehen zu lassen. Am ehesten ist dies noch möglich in den Bachschluchten und Flußtälern, die die Hochebene durchziehen, oder in den Gebirgen, die ihr hin und wieder aufgesetzt sind. Zumal in den ersteren findet man deshalb nicht selten kleine Gehölze, die als sog. Galeriewälder die spärlichen Wasserläufe begleiten, und auch die Hänge der letzteren sind noch heute vielfach mit Baum- oder Strauchwuchs bekleidet. Galeriewälder und Bergwälder sind die einzigen Gehölzformationen, die wir im inneren Kleinasien zu unterscheiden haben, und von denen wir zunächst die ersteren betrachten wollen.

Als einen der häufigsten Bäume sieht man auf den inneren Hochebenen Anatoliens die Pyramidenpappel, *Populus italica* Moench, die vielfach in und bei den Ortschaften angepflanzt wird und deren Lage oft schon von weitem verrät. Auch Ulmen trifft man gelegentlich an, und zwar vor allem die Feldulme, *Ulmus campestris* L., und von dieser wieder die durch starke Korkentwicklung der Zweige ausgezeichnete Varietät *suberosa* Ehrh.; ebenso sind verschiedene Weiden, besonders *Salix alba* L. und die gewöhnlich angepflanzte *Salix babylonica* L., nicht selten und meist unmittelbar am Rande der dürftigen Gewässer zu finden, wo sie zusammen mit Tamarisken, hauptsächlich *Tamarix Pallasii* und *T. tetrandra*, wachsen. Auch die durch ihre weißglänzenden Blätter leicht erkennbare Silberweide, *Elaeagnus hortensis* M. B., von den Türken als *ide* bezeichnet, ist ein regelmäßiger Begleiter der Bäche und Rinnsale, der sich zur Blütezeit allenthalben durch seinen starken süßlichen Geruch bemerkbar macht. Da alle diese Bäume durch ihren Schatten die spärlichen Gewässer vor dem Austrocknen schützen, so werden sie selbst in sonst völlig holzarmen Gegenden nach Möglichkeit geschont und können sich deshalb oft zu stattlichen Exemplaren entwickeln. Von anderen Gehölzen der Galeriewälder wären noch zu nennen die Platane, *Platanus orientalis* L., die ebenfalls oft mit kolossal starken Stämmen angetroffen wird; ferner eine Esche, *Fraxinus oxycarpa* Willd. eine wilde Birne mit grausilbrigen Blättern, *Pirus elaeagnifolia* Pall., sowie verschiedene Eichen, hauptsächlich *Quercus lusitanica* Lam., *Qu. carduchorum* Kotschy und *Quercus cerris* L. Von Sträuchern sind häufig *Crataegus orientalis* Pall., auch nicht selten baumartig werdend, sowie die verwandte Art *Crataegus azarolus* L.

Es ist also immerhin eine verhältnismäßig artenreiche und mannigfaltige Gehölzflora, die man in Tälern und Senkungen des inneren Anatoliens antreffen kann. Die größere Feuchtigkeit und der erhöhte Schutz gegen die heißen, austrocknenden Winde ermöglichen in ihnen einen üppigeren Pflanzenwuchs, und selbst da, wo sich zunächst nur endlose eintönige Steppen vor dem Auge ausbreiten, stößt man bisweilen ganz unvermutet auf Schluchten, in denen allerhand Bäume und Sträucher wachsen. So findet man in der Umgebung von Angora, z. B. im Tal von Indsche-su, bei Tschankaya, ebenso bei Konia, Kaisarie und anderorts noch heute an geeigneten Stellen kleine Waldinseln, die bis jetzt allen Stürmen und Schäden getrotzt haben.

Noch reicher als in den Flußtälern und Senkungen der Ebene ist der Baumwuchs in den Gebirgsstöcken, die dieser hin und wieder aufgesetzt sind. Hier sind die unteren Hänge, soweit man sie nicht in Kultur genommen hat, gewöhnlich bis zu einer Höhe von 1400—1600 m ü. M. mit Steppe von derselben oder doch wenigstens ähnlicher Zusammensetzung bedeckt wie die Ebene. Weiter oben folgt dann aber eine mehr oder weniger geschlossene Zone von Wald oder Gebüsch, die oft bis zu 1900—2000 m oder stellenweise sogar noch erheblich höher hinaufreicht. Auch da, wo die Berghänge heute nur noch mit niedrigem Gestrüpp bedeckt sind, kann man vielfach annehmen, daß dieses der Rest früherer Waldungen ist, die in den bergigen Teilen des inneren Anatoliens sicher einst größere Ausdehnung besessen haben, heute aber — für Waldinseln in der holzarmen Steppe leicht erklärlich — bis auf wenige kleine Bestände in entlegenen Tälern und unzugänglichen

Schluchten durch den Menschen vernichtet sind[1]. In einigen Fällen läßt sich die frühere Bewaldung noch auf Grund geschichtlicher Angaben nachweisen, und gerade die Kenntnis dieser alten Waldgebiete ist für die türkische Forstwirtschaft wichtig, denn, wenn überhaupt, so versprechen hier Neuaufforstungen am ersten Erfolg.

Im einzelnen sind die Bergwälder des inneren Anatoliens ziemlich mannigfach zusammengesetzt. Die charakteristischen Gehölze der Galeriewälder, die die Wasserläufe der Hochebene begleiten, wie Weiden, Pappeln, *Elaeagnus* u. a., fehlen ihnen meist vollständig, dafür treten in ihnen mehr Nadelhölzer auf, die ihrerseits wieder in den Galeriewaldungen fast nie zu finden sind. Die häufigsten davon sind: die Schwarzkiefer, *Pinus laricio* Poir., ferner verschiedene Wachholderarten, zumal *Juniperus drupacea* Lab. und *Juniperus excelsa* M. Bieb., welch letzterer selbst noch in sehr trockenen Berggegenden bedeutende Bestände bildet und auch gegen große Kälte außerordentlich widerstandsfähig erscheint. Von anderen Gehölzen sind mehrere Eichen zu nennen, darunter die immergrüne, in tieferen Lagen weit verbreitete Kermeseiche, *Quercus coccifera* L., ferner *Quercus syriaca* Kotschy, *Quercus sessiliflora* Sm., sodann mehrere *Acer*-Arten, wie *Acer tartaricum* und *Acer hyrcanum*, *Pirus elaeagnifolia* Pall. und andere. Als Gebüsche treten auf *Daphne oleoides* Schreb., seltener *Daphne buxifolia* Vahl., *Ligustrum vulgare* L., *Rhamnus*-Arten, darunter besonders *Rh. petiolaris* und der früher zur Farbgewinnung viel kultivierte *Rhamnus tinctoria*. Die meist strauchigen Wachholder *Juniperus oxycedrus*. L. und *J. nana* Willd., *Lonicera orientalis* Lam., *Colutea arborescens*, *Sorbus aucuparia* L., *Cotoneaster nummularia* F. et Mey., *Amelanchier vulgaris* Moench., verschiedene Cistaceen, vor allem *Cistus laurifolius* L., der recht widerstandsfähig gegen Kälte zu sein scheint, und andere Arten.

Die Kenntnis der Gehölze des inneren Anatoliens ist wichtig, denn sie sind es, die für Wiederaufforstungen und Neuanpflanzungen in diesem Gebiete zuerst in Frage kommen. Gerade in den letzten Jahren hat man in den Steppengegenden der Türkei mehrfach versucht, Gehölze anzubauen. Nicht immer hat man dabei den gewünschten Erfolg gehabt. Die klimatischen und Bodenverhältnisse machen manchmal jeden Baumwuchs von vornherein unmöglich, auch waren es nicht immer die richtigen Arten, die man ausgewählt hatte. Waldbäume eines gemäßigten feuchten Klimas, wie Roßkastanie, Rotbuche oder manche Nadelhölzer, die man an einigen Stellen zu kultivieren versucht hat, eignen sich nicht zum Anbau in einem so extremen Klima wie dem des inneren Kleinasiens. Auch manche viel Trockenheit vertragende Bäume, mit denen man in anderen Steppengebieten gute Erfahrungen gemacht hat, wie z. B. Eucalypten, Akazien, Casuarinen usw., kommen nicht in Betracht, da sie die strengen Winter der anatolischen Hochebene nicht zu ertragen vermögen. Es gibt wohl überhaupt nicht viel fremde Gehölzarten, die man hier anpflanzen könnte; am besten scheinen nach den bisherigen Erfahrungen der bekannte aus Ostasien stammende Götterbaum, *Ailanthus glandulosus*, und die in Nordamerika heimische Robinie, *Robinia pseudacacia*, zu gedeihen. Beide kann man selbst noch unter sehr ungünstigen Verhältnissen finden, und zumal der erstere sollte wegen seines schnellen Wachstums noch häufiger auf Ödland kultiviert werden, als es bisher schon geschieht. Sonst aber sollten bei allen Neuaufforstungen im inneren Kleinasien zunächst soweit wie möglich heimische Gehölze berücksichtigt werden, denn sie sind die ungünstigen klimatischen Bedingungen gewöhnt und haben sich bereits daran angepaßt; sie sind außerdem in den meisten Fällen billiger und leichter zu beschaffen als fremde, ausländische Rassen.

Wichtiger als Neuaufforstungen erscheint allerdings für das innere Anatolien wie auch für die meisten anderen Teile der Türkei zunächst die Erhaltung des noch vorhandenen Waldes. So schwer es ist, Gebiete, die sich aus klimatischen und edaphischen Gründen nicht für Baumwuchs eignen, zu bewalden, so leicht muß es sein, Gegenden, in denen noch heute, wenn auch nur lockerer Waldbestand vorhanden ist oder wenigstens in historischer Zeit vorhanden war, wieder aufzuforsten. Hier sind alle natürlichen Bedingungen für Baumwuchs gegeben, und hier wird man am schnellsten wieder Wald bekommen können. Vielfach werden dazu gar keine künstlichen Neuanpflanzungen nötig sein, sondern meist wird da, wo noch Waldreste vorhanden sind, das natürliche Regenerationsvermögen des Waldes ausreichen, ihn wiederherzustellen, wenn man nur seine schlimmsten Feinde, Holzfäller und Weidetiere, von ihm fernhält. Dies zu erreichen ist allerdings in den holzarmen Ländern des Orients schwer und nicht möglich ohne allerhand Eingriffe in alte Gewohnheitsrechte, an denen man gerade hier mit besonderer Ausdauer und Zähigkeit hängt.

[1] Vgl. darüber: K. KRAUSE, Waldverwüstung im Orient, Naturwissenschaften **13**, 834–836. 1925.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Zum Problem der δ-Cephei-Sterne.

(Vorläufige Mitteilung.)

An der Bosscha-Sternwarte habe ich u. a. die Lichtkurven der beiden Cepheiden Y Ophiuchi (Periode $17^d.12$) und Y Sagittarii (Periode $5^d.77$) untersucht. Die Resultate von Y Oph. sind in Bd. II, Ste B 53 der Ann. v. d. Bosscha-Sterrenwacht erschienen. Diejenigen von Y Sag. werden demnächst dort erscheinen. Da das Problem der δ-Cephei-Sterne aufs engste zusammenhängt mit einer Theorie des inneren Aufbaues der Sterne und deshalb wohl allgemeineres Interesse findet, sei es erlaubt, die Hauptergebnisse hier ganz kurz mitzuteilen.

Die Pulsationstheorie, wie sie von EDDINGTON mathematisch entwickelt wurde, führt bekanntlich dazu, daß die Temperatur, die Gesamtstrahlung und die Radialgeschwindigkeit in gleicher Phase sein müssen; d. h. maximale Temperatur und maximale Gesamtstrahlung müssen in Phase zusammenfallen mit maximaler Kompression. Die Phasenbeziehung zwischen Temperatur und Radialgeschwindigkeit ist unabhängig vom speziellen Charakter der Pulsationen mit infinitesimaler Amplitude: es bleibt unentschieden, ob die Pulsationen symmetrisch oder unsymmetrisch sind. EDDINGTON betrachtet die symmetrischen Pulsationen einer Gaskugel, JEANS die unsymmetrischen Pulsationen einer säkular instabil werdenden Gleichgewichtsfigur. Die Untersuchung der beiden oben erwähnten Cepheiden dürfte vielleicht ein neues Licht auf das vorliegende Problem werfen.

1. *Y Ophiuchi, ein δ-Cephei-Stern mit relativ langer Periode, also großer Masse.* Das Ergebnis der Untersuchung läßt sich in zwei Sätzen zusammenfassen: a) Das Maximum der Temperatur fällt nahe zusammen mit der maximalen Kompression (Phasendifferenz 0.05 Perioden); b) zwischen maximaler Temperatur und maximaler Strahlung besteht eine Phasenverschiebung von 0.15 Perioden, in dem Sinne, daß die maximale Temperatur *vor* der maximalen Strahlung erreicht wird. Aus a) folgt, daß Y Ophiuchi der erste Cepheide ist, der, was seine Temperaturveränderung betrifft, die Gesetze einer Pulsationstheorie befolgt. Aus b) schließen wir, daß Y Ophiuchi keine rotationssymmetrische Figur sein kann; denn eine *Zunahme* der Gesamtstrahlung trotz *abnehmender* Temperatur, kann nur bei starker Oberflächenvergrößerung erfolgen. Wir finden $S_{max} : S_{min} = 3.5$. Die plausibelste Annahme ist wohl, daß der Kern von Y Ophiuchi eine pulsierende Birnform darstellt. Im Falle eines JACOBIschen Ellipsoids müßte das Achsenverhältnis $a : b$ (c Rotationsachse) mindestens gleich 3.5 sein, und ein solches Ellipsoid würde schon *jenseits* des Verzweigungspunktes auf der JACOBIschen Serie von Gleichgewichtsfiguren liegen.

2. *Y Sagittarii, ein δ-Cephei-Stern mit relativ kurzer Periode, also kleiner Masse.* Hier finden wir, daß a) die maximale Temperatur erst 0.2 Perioden nach der maximalen Kompression eintritt, während b) die Verzögerung der Gesamtstrahlung gegenüber der maximalen Temperatur nur 0.06 Perioden beträgt. Aus a) schließen wir auf eine *Abweichung* von den Gesetze einer reinen Pulsation; aus b) auf eine *symmetrische* Gleichgewichtsfigur. In der Tat ist hier $S_{max} : S_{min} = 2.3$. Im Falle eines JACOBIschen Ellipsoids müßte das Achsenverhältnis $a : b$ mindestens gleich 2.3 sein; d. h. das Ellipsoid würde unmittelbar am Verzweigungspunkt liegen (wäre also schon so weit vom Rotationsellipsoid entfernt, daß es pulsieren kann). Daß *keine reine* Pulsation vorliegen kann, zeigt nicht nur a), sondern noch das folgende Beobachtungsergebnis. 161 Expositionen vom 11. April 1927 bis 19. August 1927 ergeben eine Lichtkurve, die der Form nach mit SHAPLEYS Kurve (Harvard-Circular 236) übereinstimmt, aber etwa um $0^m.25$ nach *größeren* Helligkeiten verschoben ist. Außerdem zeigt der absteigende Ast eine ziemliche Streuung ($\pm 0^m.15$) der einzelnen Beobachtungen um eine mittlere Kurve. Am 20. August trat auf dem absteigenden Ast der Lichtkurve (genau bei der Phase maximaler Expansion nach der Radialgeschwindigkeitskurve!) ein *einmaliges, starkes* sekundäres Minimum auf (Tiefe $0^m.5$). Hiernach folgte der Veränderliche während $1^1/_2$ Perioden (15 Expositionen) noch der Lichtkurve *vor* dem Nebenminimum, um dann vom 7. September bis zum Schluß seiner Beobachtbarkeit (17. Oktober) (wegen Einsetzen der Regenzeit), vielleicht auch für lange Dauer, in eine neue Lichtkurve überzugehen, die aus der alten durch Verschiebung nach *kleineren* Helligkeiten um etwa $0^m.25$ entsteht (42 Expositionen), also identisch ist mit SHAPLEYS alter Kurve. Dieser plötzliche, einmalige Leuchtkraftverlust von 20% ist wohl kaum anders zu erklären, als durch einen korrespondierenden Massenverlust.

Wenn auch diese wenigen Beobachtungsergebnisse kaum ausreichen zur Aufstellung theoretischer Betrachtungen, so scheinen doch die folgenden drei Punkte festzustehen:

A. Pulsationen von infinitesimaler Amplitude einer Gaskugel kommen nicht zur Lösung des Problems in Betracht. Vielmehr sind Pulsationen einer säkular instabilen Figur (Birnform) wahrscheinlicher.

B. Der Charakter der Instabilität dürfte wohl nicht der gleiche sein für große und für kleine Massen.

C. Bei kleinen Massen scheint ein plötzlicher Massenverlust (auf Grund des hier vorliegenden Instabilitätscharakters) nicht unmöglich zu sein.

Lembang (Java), den 2. Dezember 1927.

P. TEN BRUGGENCATE.

Die Lichtempfindlichkeit blinder Elritzen.

Bei Cyclostomen und Reptilien finden sich in der Zwischenhirnregion rudimentäre Lichtsinnesorgane (Parietalorgane). Außer NOWIKOFF, der Pigmentverlagerung im Parietalorgan von Sauriern bei Belichtung bzw. Verdunklung festgestellt hatte, und v. FRISCH, der bei blinden Elritzen durch Belichtung des Zwischenhirns Expansion der Melanophoren erzielen konnte, hat niemand Beweise für die Funktion dieser Organe geliefert.

Diese Frage nach der Funktion der Parietalorgane gewann neuerdings an Interesse, da es nun gelang, blinde Elritzen (Phoxinus laevis L.) auf Lichtreize zu dressieren[1]. Wurden geblendete Elritzen in einem dauernd schwach erhellten Raum etwa eine Woche hindurch mehrmals am Tage mit einer starken Lampe

[1] Eine ausführliche Arbeit erscheint in der Zeitschr. f. vergl. Physiol. 7, H. 1, 1928.

beleuchtet und zugleich gefüttert, so ließ sich erreichen, daß die Tiere schließlich auch ohne Futter zu erhalten, schon allein bei Belichtung nach Futter in sehr charakteristischer Art und Weise suchten, schnappten und allenfalls auch über die Wasseroberfläche hochsprangen. Die Reaktionszeit erwies sich dabei als ein brauchbares Maß für die Reizstärke, und es konnten so eine Reihe physiologischer Untersuchungen (verschiedene Helligkeiten, Farben, Adaptation u. ä.) angestellt werden.

Lokalisationsversuche zeigten weiterhin, daß es sich nicht um Hautlichtsinn handelt, sondern daß die lichtempfindliche Region im Gehirn, und zwar im Zwischenhirn zu suchen ist. Genauere Untersuchungen mit reicherem Material sollen eine endgültige Klärung dieser Frage herbeiführen. Die Beobachtungen von Frischs wie eigene Untersuchungen, in deren Verlauf im Thalamus des Gehirns sehr merkwürdige Sekretionserscheinungen gefunden wurden, führten zu der Überzeugung, daß die Farb- und Futterreaktionen blinder Elritzen durch ein kompliziertes Ineinandergreifen nervöser und innersekretorischer Vorgänge ausgelöst und reguliert werden. Vorversuche mit Verfütterung von Zwischenhirn größerer Fische ließen bis jetzt keine Beeinflussung der Färbung geblendeter Tiere erkennen.

Da die Lichtempfindlichkeit der Tiere mit der Länge der Dressur hochgradig gesteigert wird, andrerseits sie im normalen Leben der Tiere neben den Augen wohl nicht in Frage kommt, so wird vermutet, daß es sich hier um eine latente Funktion handelt. Vielleicht darf man, in Hinblick auf den rudimentären Charakter der Parietalorgane, die wohl vor allem für die Lichtempfindlichkeit des Zwischenhirns in Frage kommen, von einer respektiven Potenz sprechen. Vielleicht auch findet sich hier ein Fingerzeig „für die Beurteilung phylogenetischen Entwicklungsgeschehens", die dann auch für diese „mehr und mehr über das Stadium der reinen Spekulation hinausführt" (B. Dürken).

München, Zoologisches Institut der Universität, den 2. Januar 1928. Ernst Scharrer.

Besprechungen.

Handbuch der Experimentalphysik, herausgegeben von W. Wien und F. Harms. Bd. 21. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1927. XIII, 562 S. und 164 Abb. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 47.—, geb. RM 49.—.

Der vorliegende Band 21 des Wien-Harmsschen Handbuches zerfällt in drei Teile. Der erste 200 Seiten lange Teil ist von G. Joos verfaßt und behandelt die Anregung der Spektren, in einem zweiten, etwa ebenso umfangreichen Teile werden von E. v. Angerer Apparate und Methoden der Spektroskopie beschrieben und auf den letzten 150 Seiten gibt J. Stark eine Darstellung des nach ihm benannten Effektes. Der Inhalt dieses Bandes ist also spektroskopischer Natur, umfaßt aber, wie man aus der Inhaltsangabe ersieht, nur einen bestimmten Teil der gesamten Spektroskopie. Man wird sich über die hier getroffene Einteilung zunächst wohl etwas wundern dürfen. Man würde es vielleicht für systematischer halten, zuerst etwas über die Apparate und Methoden der Spektroskopie zu erfahren, um dann die Anregungsmethoden der Spektren kennen zu lernen, bei denen die vorher beschriebenen Apparate und Methoden vielfach angewandt werden, und schließlich sieht man auch nicht recht ein, weswegen das spezielle Kapitel über den Starkeffekt gerade in diesen Band geraten ist und damit eine räumliche Trennung von dem ihm verwandten Zeemaneffekt erfährt. Der Grund für diese Art der Einteilung dürfte wohl viel weniger in der Befolgung eines systematischen Einteilungsplanes als in äußeren Umständen zu suchen sein. Denn man weiß, wie schwierig es ist, bei großen Handbüchern, an denen viele Autoren beteiligt sind, von den Mitarbeitern, die stofflich benachbarte Gebiete behandeln, annähernd gleichzeitig ihre Beiträge zu erhalten. So werden die Herausgeber häufig genötigt, Einzelteile, die zu demselben größeren Teilgebiete gehören, in der Reihenfolge, in der sie eingehen, zu Bänden zusammenzustellen, auch wenn eine andersgeartete Einteilung vom systematischen Standpunkte vorzuziehen wäre. Wenn dies auch sicher ein Nachteil ist, so bleibt es doch nur eine Äußerlichkeit, mit der man sich abfinden kann. Viel schwerer wiegend ist dagegen die Frage, wieweit es möglich ist, die Einheitlichkeit der Darstellung zu wahren, wenn zahlreiche Autoren an dem Zustandekommen des ganzen Werkes mitarbeiten und auch kleine Teilgebiete aus verschiedenen Federn stammen. Der vorliegende Band zeigt im guten und schlechten Sinne, was hier möglich ist.

Teil 1 und 2 stellen, obwohl wir, wie gesagt, die umgekehrte Reihenfolge für richtiger gehalten hätten, doch ein einheitliches Ganzes dar. Hier ist auch unverkennbar, daß die beiden Autoren, wohl begünstigt durch persönliche Bekanntschaft und Aufenthalt an demselben Ort, bei der Abfassung ihrer Artikel im gegenseitigen Einvernehmen gestanden haben, was auch schon daraus hervorgeht, daß der theoretische Teil des Aufsatzes von v. Angerer über die Theorie des Beugungsgitters und der Gittergeister von Joos verfaßt ist. Andrerseits sind diesem bei dem letzten Kapitel seines Teiles, in dem die gebräuchlichen Lichtquellen besprochen werden, die experimentellen Erfahrungen v. Angerers auf diesem Gebiete sicher zugute gekommen. Dieses Hand in Hand Arbeiten der beiden Autoren wirkt sich in günstigster Weise auf den Inhalt aus. Die gegebenen Darstellungen sind von demselben Geiste getragen, sie widersprechen sich nicht, es wird nichts doppelt gebracht.

Ehe wir auf das Verhältnis des dritten Teiles zu diesen beiden ersten eingehen, wollen wir aus dem Inhalt derselben das Wichtigste hervorheben. Der erste Teil von Joos beginnt mit einer Einführung in die Bohrsche Theorie, die mit Recht als der Leitfaden der experimentellen Spektroskopie bezeichnet wird. In diesem Kapitel gibt Joos mit der ihm eigenen Klarheit der Darstellung auf 58 Seiten einen ausgezeichneten Überblick über alle für die Spektroskopie wichtigen Ergebnisse der Bohrschen Atomtheorie. Daß das auf so knappem Raum überhaupt möglich ist, liegt daran, daß der Verf. die mathematische Formulierung nur auf die Angaben der grundlegenden Prinzipien und der Resultate beschränkt hat. Wiedergabe ausführlicher Rechnungen ist völlig vermieden. Diese Methode entspricht dem Charakter des ganzen Werkes als Handbuch der Experimentalphysik. Hier erfährt der Experimentalphysiker von der Bohrschen Theorie tatsächlich das, was er wissen muß und (auch bei beschränkter mathematischer Begabung) verstehen kann, ohne sich durch einen Berg von Formeln hindurcharbeiten zu müssen. Im zweiten Kapitel zeigt Joos, daß er auch die experimentellen Ergebnisse in derselben anschaulichen und übersichtlichen Weise darzustellen vermag wie die Theorie. Dasselbe ist „Quantitative Anregungsversuche" überschrieben und sein Inhalt wird wohl am schnellsten durch Angabe der Einzelteile, in die es zerfällt, charakterisiert: 1. Anregung durch Elek-

tronenstoß, 2. Anregung durch den Stoß geladener und ungeladener Atome, 3. Absorptionsspektren, 4. Anregung durch Strahlung (Resonanz und Fluorescenz), 5. Anregung durch Stöße zweiter Art. Das Schwergewicht liegt hier natürlich auf der Beschreibung der experimentellen Methoden und der Angabe der Resultate. Daß aber auch auf die Deutung der letzteren auf Grund der Bohrschen Theorie ausführlich eingegangen wird, ist selbstverständlich. Das dritte Kapitel ist dem Problem der Breite der Spektrallinien und den damit zusammenhängenden Fragen wie Leuchtdauer der Atome und Lebensdauer angeregter Zustände gewidmet. Auch hier ist die Wiedergabe der experimentellen Ergebnisse in geschickter Weise verknüpft mit der Diskussion derselben auf Grund der verschiedenen Theorien, die zur Erklärung der Verbreiterungserscheinungen herangezogen werden können.

Das letzte Kapitel dieses ersten Teiles, in dem, wie schon erwähnt, die gebräuchlichsten Lichtquellen der Spektroskopie, wie Lichtbogen, Funken, Glimmentladung usw. beschrieben werden, ist rein experimenteller Natur und leitet damit über zu dem zweiten Teile. Auch dieser besteht aus vier Kapiteln und wenn wir angeben, daß in dem ersten Prismenspektroskope, im zweiten Gitterspektroskope und im dritten Interferenzspektroskope behandelt werden, so ist damit der Inhalt dieser drei Kapitel ohne weiteres klar. Das vierte Kapitel, Methoden der Spektroskopie genannt, enthält alles Wissenswerte über Wellenlängenmessungen, Beobachtungsmethoden (visuelle, photographische, elektrische) und photographische Spektralphotometrie. Der charakteristische Zug der Darstellung dieses Teiles ist gegeben durch das beim Lesen entstehende Gefühl, daß der Verfasser mit all den Apparaten, die er beschreibt, persönlich vertraut ist und sie selbst praktisch erprobt hat. Wir erfahren infolgedessen nicht nur das Prinzip eines bestimmten Apparates, sondern wir lernen auch, welche Vorzüge und Nachteile er besitzt und für welche Zwecke er besonders geeignet ist und für welche nicht. Wir erfahren viele für den praktischen Gebrauch nützliche Einzelheiten, die Darstellung verliert sich aber nicht in diesen Einzelheiten, sondern das prinzipiell Wichtige wird in geschickter Weise von dem Unwichtigen getrennt. Soweit experimentelle Methoden aus Büchern überhaupt erlernbar sind, kann man sie aus v. Angerers Artikel tatsächlich lernen. Zahlreiche gute Figuren, Diagramme und Tabellen ergänzen den Text. Der Ref. möchte meinen, daß es vielleicht auch ganz illustrativ gewesen wäre, einige Originalspektrogramme, die mit den einzelnen Apparaten zu erhalten sind, zu reproduzieren. Auch vermissen wir eine schematische Zeichnung, eine Photographie und etwa ein charakteristisches Kurvenbild bei der Besprechung der registrierenden Photometer. Das hätte sich doch leicht machen lassen. Überhaupt möchten wir meinen, daß diese Instrumente, die doch in der Spektroskopie heute eine so prominente Rolle spielen, etwas stiefmütterlich behandelt sind.

Wenn wir nun mit den durch die Lektüre der beiden ersten Teile gesteigerten Erwartungen an den dritten Teil herangehen, so erleben wir eine Enttäuschung. Konnten die Herausgeber für den Artikel über den Starkeffekt einen berufeneren Verfasser finden als den Entdecker dieses Effektes selbt? Wohl kaum, und dennoch bedeutet dieser Artikel für das Handbuch einen Mißerfolg. Es soll zunächst nicht verkannt werden, daß auch dieser Aufsatz viel Wertvolles enthält. Dies sehen wir vor allem in den Teilen, in denen die Methoden zur Beobachtung des Effektes und die nach Elementen geordnete Zusammenfassung des gesamten bisher vorliegenden Beobachtungsmerkmales gegeben wird. Hätte sich Herr Stark darauf beschränkt, so wäre alles gut gewesen. Aber leider hat Herr Stark auch den Ehrgeiz, theoretischer Physiker zu sein, und zwar nicht im Sinne einer mathematischen, sondern, sagen wir, einer spekulativen Theorie. Als Theoretiker lehnt Herr Stark bekanntlich die Bohrsche Theorie ab, weil sie der bisherigen physikalischen Denkweise widerspreche. Das Recht hierzu wird ihm kein Mensch bestreiten. Daß dadurch aber jeglicher innerer Zusammenhang zwischen dem ersten und dritten Teile des Bandes verloren geht, ist selbstverständlich. Wir würden es nun schließlich wohl noch hinnehmen, wenn der Verf. in Vertretung dieses Standpunktes in seinem Artikel nur ganz kurz darauf hinweist, daß die von Bohr, Schwarzschild, Epstein und Kramers gegebene Theorie des Starkeffektes der Wasserstofflinien hinsichtlich Zahl, Frequenz, Polarisation und Intensität der Komponenten eine weitgehende Übereinstimmung mit den Beobachtungen ergibt. (Im ersten Teile des Bandes wird diese Theoie von Joos gebracht, mit der Erfahrung verglichen und als Glanzleistung der Bohrschen Atomtheorie gekennzeichnet.) Wogegen wir uns aber mit Entschiedenheit wenden müssen, ist die quasi-Theorie, die Herr Stark an die Stelle der Bohrschen Theorie glaubt setzen zu müssen. Herr Stark hat schon früher Vorstellungen über den Bau der Atome und über die Träger der Spektren entwickelt. Insbesondere die letzteren sind, wie er auch selbst zugibt, durch das Experiment widerlegt worden. Herr Stark modifiziert seine früheren Vorstellungen und entwickelt andere, die neu und originell sein sollen. In Wirklichkeit sind sie, es sei denn, daß der Referent ihren Sinn vollständig verkennt, nichts anderes als eine mit irreführenden Ausdrücken und verschwommenen Begriffen versehene, ein wenig mit Schrödingerschen Ideen verbrämte Bohrsche Modellvorstellung. Wenn Herr Stark die Terme als Laufzahlen bezeichnet, die Elektronenbahnen Knotenlinien nennt, anstatt von Richtungsquantelung von axialer Ordnung der Linienträger, anstatt von Übergangswahrscheinlichkeit von Kopplung der Knotenlinien spricht und damit etwas Besseres zu geben glaubt als die Bohrsche Atomvorstellung, so kann das den dem Verf. Wohlgesinnten nur mit Trauer erfüllen, im übrigen aber muß man sagen: difficile est satiram non scribere. Wir können nicht glauben, daß die Herausgeber mit diesen Formulierungen Starks einverstanden sind, wir verkennen aber nicht die schwierige Lage, in der sie sich gegenüber einem Manne von der wissenschaftlichen Bedeutung Starks befanden, wenn sie versuchen wollten, hieran etwas zu ändern. Wenn also durch diesen Teil des Starkschen Artikels die Homogenität des ganzen Bandes leider erschüttert wird, so kann das doch den Wert desselben nicht entscheidend beeinflussen. Dazu sind die beiden ersten Teile, wie auch die genannten Teile des Starkschen Aufsatzes zu wertvoll. Für den Spektroskopiker bedeutet der Band, alles in allem genommen, doch eine hocherfreuliche Bereicherung seiner literarischen Hilfsmittel. Druck und Ausstattung sind in allen Teilen vorzüglich. Vielfache und vollständige Zitate ermöglichen dem Leser ein Zurückgreifen auf die Originalarbeiten. W. Grotrian, Berlin-Potsdam.

ROTH, WALTHER A., und KARL SCHEEL, **Landolt-Boernstein Physikalisch-chemische Tabellen.** Fünfte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. *Erster Ergänzungsband.* Berlin: Julius Springer 1927. X, 919 S. Preis geb. RM 114.—.

Beim Erscheinen der fünften, gegenüber den früheren völlig umgearbeiteten Auflage des Werkes hatten

die Herausgeber als Arbeitsplan für die Zukunft in Aussicht gestellt „in Abständen von rund zwei Jahren Ergänzungsbände herauszugeben, welche die inzwischen veröffentlichten Daten aufnehmen und etwa verbliebene Lücken ausfüllen" sollten. Jetzt ist der erste Ergänzungsband erschienen. Für alle, die die zahlenmäßig festgelegten Ergebnisse physikalischer und chemischer Forschung zu weiterer auf wissenschaftliche oder technische Ziele gerichteter Arbeit benutzen, bedarf es nicht mehr als dieses Hinweises. Er bedeutet ihnen, daß sie nunmehr auch für die letzten Jahre der Mühe überhoben sind, welche die Heranziehung und kritische Sichtung der Originalliteratur verursacht.

Auf die Entstehung des Werkes aus Tabellen, die LANDOLT für physikalisch-chemische Arbeiten zusammengestellt hatte, und auf das Hineinwachsen dieser Zusammenstellung in immer höher sich steigernde Aufgaben ist bei Besprechung früherer Auflagen in den NATURWISSENSCHAFTEN (1913, S. 218; 1924, S. 85) eingegangen worden. Es dürfte aber bei der Stellung, die die physikalisch-chemischen Tabellen sich erworben haben, von allgemeinerem Interesse sein, zu erfahren, wie der Ergänzungsband im einzelnen sich an das Hauptwerk angliedert. Sein Inhalt geht weit über die beim Abschluß des Hauptwerkes gegebene Zusage hinaus. Denn das Wesentliche des Ergänzungsbandes besteht nicht in dem Selbstverständlichen, daß er die inzwischen veröffentlichten Zahlen bringt, vielmehr haben ihm die Herausgeber zugleich die Bestimmung gegeben, den Mängeln abzuhelfen, die an dem Hauptwerk schon beim Erscheinen empfunden wurden, aber aus persönlichen oder sachlichen Gründen zunächst nicht abzustellen waren, und weiterhin den Mängeln, die mit der Zeit bei der Benutzung sich herausgestellt haben. Es sind dementsprechend nicht nur einzelne Fehler und Irrtümer richtiggestellt und Lücken ausgefüllt worden, sondern ganze Abschnitte, die in der einen oder anderen Hinsicht nicht zu genügen schienen, sind völlig neu bearbeitet worden, zum überwiegenden Teil von Autoren, deren Eintritt in die Reihe der Mitarbeiter besonders zu begrüßen ist.

So hat der dazu Berufenste, P. WALDEN, das umfangreiche Kapitel verfaßt über elektrisches Leitvermögen (spezifisches und Äquivalentleitvermögen) wässeriger Lösungen, die Überführungszahlen und Ionenbeweglichkeiten in wässerigen und nichtwässerigen Lösungen und die Leitfähigkeit nichtwässeriger Lösungen. Die sich daran anschließenden Tabellen von H. LUNDÉN über die Konstanten der elektrolytischen Dissoziation haben durch Beteiligung des Herausgebers W. A. ROTH weitgehende Ergänzung gefunden.

In neuer Anordnung zusammengestellt sind die Daten über Gasdichten durch E. MOLES. Sehr viel übersichtlicher und brauchbarer gegenüber der früheren Gestalt sind durch die von S. ERK durchgeführte Neuordnung die fast 100 Seiten umfassenden Tabellen über die Zähigkeit von Flüssigkeiten geworden. Das Kapitel über den Feinbau der Krystalle ist wieder durch P. EWALD, aber unter Mitwirkung von C. HERMANN, bearbeitet worden. In diese neue Zusammenstellung sind auch die in dem Hauptbande angegebenen Strukturen wieder aufgenommen, so daß die Übersicht als bis zum Abschluß der Arbeit vollständig angesehen werden kann.

Eine besonders dankenswerte, weil für die mannigfachsten Zwecke erwünschte Arbeit hat der Herausgeber W. A. ROTH geleistet, indem er sich der Mühe unterzog, die gesamten Tabellen über die thermochemischen Daten zu revidieren. Die Durchsicht dieser Tabellen in ihrer neuen Gestalt zeigt, mit wie sorgsamer Kritik, zu der der Verfasser in diesem Gebiet ja besonders berufen ist, vorgegangen ist. Die innere Anteilnahme des Bearbeiters steigert sich an einigen Stellen bis zu (bei Tabellen nicht gewöhnlichen) temperamentvollen Zwischenbemerkungen, die der Herausgeber hier dem ihm persönlich nahestehenden Bearbeiter nachsichtig gestattet hat.

Starke Erweiterung haben die von G. SACHS und H. SEIFERT bearbeiteten Tabellen über Elastizität, Festigkeit, Härte und Reibung fester Körper erfahren. Eine große und wertvolle Arbeit ist von dem Herausgeber K. SCHEEL an der Neugestaltung der Tabellen über Wärmeausdehnung und über die spezifische Wärme geleistet worden.

Eine Reihe von Tabellen, deren Gegenstand im Hauptwerk noch nicht berücksichtigt war, ist in den Ergänzungsband eingefügt. So die Oberflächenspannung zweier Flüssigkeiten gegeneinander von G. MEYER, die wahrscheinlichsten Werte kritischer Konstanten einiger Gase, die kritischen Daten von Salzen und von Mischungen von S. VALENTINER, Brechungsexponenten von Metallalkyl-Verbindungen von F. EISENLOHR und der Einfluß der Konzentration auf die Brechungskonstanten von wässerigen Lösungen und Mischungen von W. A. ROTH. Ebenso die Supraleitfähigkeit von Metallen von E. GRÜNEISEN und W. MEISSNER und von denselben Autoren der Einfluß des Druckes auf das Leitvermögen und den Widerstand der Metalle, weiterhin das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit fester Stoffe und von Flüssigkeiten bei den Drucken p und o von M. JAKOB. Dem Interesse, das neuerdings die Untersuchungen über die elektrische Leitfähigkeit von festen Salzgemischen in Abhängigkeit von Gehalt und Konstitution gewonnen haben, tragen die von C. TUBANDT übersichtlich zusammengestellten graphischen Darstellungen Rechnung. Im Anschluß daran haben die von demselben Autor festgelegten Überführungszahlen in festen Salzen und Salzgemischen Aufnahme gefunden. Von weiteren im Ergänzungsbande erstmalig auftretenden Tabellen seien noch die von A. GOETZ herrührenden genannt über die transversalen und thermomagnetischen Effekte und über den THOMSON- und den PELTIER-Effekt, die spezifische und Molekularwärme fester und flüssiger organischer Stoffe und einiger Lösungen von K. SCHEEL, endlich die EINSTEINschen und DEBYEschen Funktionen von F. SIMON.

Der im Vordergrund des Interesses stehende Abschnitt Atomphysik, Spektrum hat, wie der Vergleich mit dem Hauptwerk zeigt, überall Ergänzungen gefunden. Neu hinzugekommen sind die glühelektrischen Konstanten von A. GOETZ und die lineare und Voltgeschwindigkeit von Elektronen von W. KOSSEL. Wesentliche Erweiterungen erfuhr die Tabelle der Strahlungskonstanten von W. GERLACH und die der Wellenlängen des gesamten Spektrums gemessen in Ångström-Einheiten von H. BEHNKEN. Besonders erwünscht dürfte es einer großen Anzahl von Benutzern aus den verschiedensten Arbeitsgebieten sein, daß dem großen Werk von KAYSER die Hauptlinien aller Elemente im ultravioletten, sichtbaren und ultraroten Gebiet, und zwar die Mittelwerte der besten vorliegenden Messungen, mit kritischer Sichtung, in internationalen Ångström Aufnahme gefunden haben. Aus der Optik seien zumeist in graphischer Darstellung gegebene Daten zur Lichtabsorption im Sichtbaren und im Ultraviolett von H. v. HALBAN hervorgehoben und die umfangreiche Neubearbeitung der Krystalloptik durch TH. DREISCH.

In die Ergänzung, die E. REGENER seiner sorgsamen Übersicht über die Werte für das elektrische Elementarquantum (direkte Messungen), das elektrochemische Äquivalent und einige daraus abgeleitete

Konstanten gegeben hat, ***hat sich ein Versehen eingeschlichen.*** Da es sich dabei um eine fundamentale Zahl handelt, bittet Herr REGENER, bei der Besprechung des Ergänzungsbandes in den NATURWISSENSCHAFTEN nachdrücklich darauf hinzuweisen, um so von weithin sichtbarerer Stelle aus die Benutzer des Ergänzungsbandes zur Eintragung der Korrektur zu veranlassen. Sie betrifft den Wert für die Elementarladung e in Int. Coulomb. Das Elementarquantum ist von MILLIKAN zu $4{,}774 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten bestimmt worden. Dieser Wert ist zur Zeit noch nicht überholt. Herr REGENER macht nun auf Seite 319 des Ergänzungsbandes darauf aufmerksam, daß es natürlicher ist, den Wert nicht wie MILLIKAN in elektrostatischen Einheiten, sondern in den internationalen (also int. Coulomb) anzugeben. Denn das MILLIKANsche Voltmeter ist ja an das Normalelement angeschlossen und bei der Umrechnung auf elektrostatische Einheiten kommt ganz überflüssigerweise die Unsicherheit in der Lichtgeschwindigkeit oder dem Umrechnungsfaktor zwischen elektrostatischen und elektromagnetischen Einheiten herein. So bekommt man mit dem MILLIKANschen Umrechnungsfaktor $2{,}9990 \cdot 10^9$ den Wert $4{,}774 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Heute würde man 2,9985 nehmen und 4,773 erhalten. Herr REGENER hat daher den MILLIKANschen Wert mit seinem Umrechnungsfaktor zurückgerechnet und kommt so zu $e = 1{,}592 \cdot 10^{-19}$ int. Coulomb. Bei Berechnung dieses Endwertes ist aber versehentlich mit 10^{10} statt 10^9 dividiert worden, und so steht fälschlicherweise in der neuen Tabelle $1{,}592 \cdot 10^{-20}$ statt $1{,}592 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

Eine wesentliche Erleichterung für die Benutzung aller drei Bände bildet das dem Ergänzungsbande angefügte neue Gesamtregister. Eine Durchsicht dieses Registers sowohl des allgemeinen Sachregisters (Eigenschaften) wie des Spezialregisters für häufig gebrauchte Stoffe gibt eine Vorstellung von der gewaltigen Arbeitsleistung, die in diesen drei Bänden steckt und deren Bewältigung in erster Linie der entsagungsvollen Mühewaltung der beiden Herausgeber zu danken ist.

Für den Wunsch, solchem Dank und der Genugtuung darüber Ausdruck zu geben, daß dieses Werk nunmehr wissenschaftlicher und technischer Arbeit zur Verfügung steht, erscheint als die gegebene und den Herausgebern sicherlich willkommenste Form die Mitwirkung der Benutzer an weiterer Vervollkommnung des Werkes. Der Referent übernimmt es gern, dem Wunsche der Herausgeber Verbreitung zu geben nach Benachrichtigungen über Fehler, die sich trotz aller Sorgfalt eingeschlichen haben könnten, über beim Gebrauch sich herausstellende Mängel und über Wünsche, die sich auf noch nicht Berücksichtigtes beziehen. Und diese Bitte darf sich auch an das Ausland richten. Denn es ist nicht anzunehmen, daß der LANDOLT-BÖRNSTEIN-ROTH-SCHEEL durch die International Critical Tables in erheblicher Weise verdrängt werden könnte. Das deutsche Werk ist nicht critical im Sinne jener Tabellen, wo oft nur *ein* Wert ohne Angabe von Gründen und von Literatur angegeben ist, sondern es bringt nach Möglichkeit mehrere Werte mit Literaturangabe und hebt den am besten scheinenden durch den Druck heraus. Auf einen weiteren Vergleich des deutschen und des amerikanischen Werkes einzugehen, etwa bezüglich der Übersichtlichkeit der Tabellen, würde in dem Rahmen dieser Besprechung nicht angemessen erscheinen.

Der Ergänzungsband hat statt der in Aussicht genommenen zwei Jahre fast die doppelte Zeit bis zur Drucklegung gebraucht. Man wird sich auch mit dem Erscheinen des nächsten Ergänzungsbandes gern gedulden, wenn er eine ähnliche Vervollkommnung des Werkes bringt, wie der hier besprochene. Selbst von einem dem stürmischen Gange der Wissenschaft nacheilenden Tabellenwerk muß GOETHES Wort gelten: „Es ist das Maß von einem guten Werke nicht die Zeit."

ALFRED COEHN, Göttingen.

CRANZ, C., **Lehrbuch der Ballistik.** Bd. II: Innere Ballistik. Die Bewegung des Geschosses durch das Rohr und ihre Begleiterscheinungen. Unter Mitwirkung von O. POPPENBERG und O. VON EBERHARD. Berlin: Julius Springer 1926. X, 454 S. und 37 Abbildungen im Text sowie 33 Abbildungen im Anhang. 16 × 24 cm. Preis geb. RM 39.—.

Zum ersten Male erscheint die „Innere Ballistik" als zweiter Band des grundlegenden Lehrbuches der Ballistik von CARL CRANZ, des Meisters dieser Wissenschaft, nachdem vor einem Jahr der erste Band, behandelnd die „Äußere Ballistik", bereits die 5. Auflage erlebt hatte. Trennt man die Sprengtechnik, bei der der Sprengstoff unmittelbar den Gegenstand zerstört, zunächst ab, so kann man das Ziel der inneren Geschoßballistik, von der dieser zweite Band vornehmlich handelt, so kennzeichnen: Der Gasdruck soll das Geschoß innerhalb des Rohres nach und nach bis zur Mündung beschleunigen, ohne die Festigkeit des Geschützes zu gefährden; dabei kommt es keineswegs auf möglichst schnelle Erreichung eines Höchstdruckes, also auf Brisanz des Explosivstoffes wie bei der Sprengung, an, sondern vielmehr auf die Erzeugung einer möglichst großen Mündungsgeschwindigkeit bei möglichst niedrigem und zugleich möglichst lange gleichmäßig treibendem Gasdruck.

Die Hauptaufgabe der inneren Ballistik lautet: Es ist für eine zu entwerfende Waffe, Geschütz oder Gewehr, mit der zugehörigen Munition aus den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Pulverladung sowie aus dem Gewicht und den Abmessungen der Waffe, des Geschosses und des Pulvers der gesamte Verlauf des Gasdruckes und der Geschoßgeschwindigkeit im Rohr im voraus zu berechnen. Diese Vorgänge im Rohr während des Schusses sind von ausschlaggebender Bedeutung sowohl für den Entwurf einer neuen wie für die Prüfung einer vorhandenen Schußwaffe, und zwar werden sie teils durch Versuche, teils durch theoretische Überlegungen erforscht.

Den natürlichen Ausgang für die Gewinnung des Hauptansatzes bildet das Prinzip von der Erhaltung der Energie: Die bei der Explosion der Ladung im Rohre freigesetzte Energie E der Verbrennungswärme wird aus der calorimetrisch gemessenen Wärme bestimmt, welche bei einem besonderen Explosionsversuch in einer geschlossenen Bombe frei wird; allerdings ist von dieser durch Versuch ermittelten Wärme noch eine theoretisch zu bestimmende Nachreaktionswärme abzuziehen, die infolge der verhältnismäßig langsamen Abkühlung der Gase nach erfolgter Explosion nur in der Bombe entsteht, nicht aber im Geschützrohr.

Mit diesen Fragen der Thermochemie und verwandten einschlägigen Problemen beginnt der Aufbau der „Inneren Ballistik": Die Abschnitte I und II bringen die thermochemischen und thermodynamischen Grundlagen und die Explosivkonstanten, zwei von Prof. O. POPPENBERG bearbeitete, für den Waffenfachmann wertvolle Kapitel, die den Schlüssel für die Erforschung des Gesamtproblems liefern. In III folgen die verschiedenen Verfahren und Geräte zur Messung der hohen Gasdrücke, voran das NOBLEsche Verfahren der Zusammenpressung eines Kupferzylinders in einem Stauchapparat und CRANZsche Vorschläge zwecks Gewinnung des wahren Verlaufs des Gasdruckes;

kritische Bemerkungen des Verfassers über die Fehlerquellen und theoretische Erörterungen über Membranmanometer und Federindikatoren ergänzen diese Betrachtungen. Abschnitt IV handelt von der Art und der Geschwindigkeit der Explosion und vornehmlich von dem „Verbrennungsgesetz": Es ist eine bestimmte Pulversorte für eine neue Waffe gegeben. Die Frage ist, welcher Bruchteil der Gesamtladung ist nach irgend einer Zeit verbrannt, vor allem wann ist die Verbrennung beendet? Die Aufgabe findet ihre Lösung in der Aufstellung des Verbrennungsgesetzes, indem die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Pulversorte sowie Form und Größe des Pulvers den zeitlichen Verlauf des Gasdruckes, von dem wesentlich die Verbrennungsgeschwindigkeit abhängt, bestimmen. Eben diese Abhängigkeit wird durch das Verbrennungsgesetz dargestellt, dessen mathematische Form entweder hypothetisch durch Annahme des Abbrennens des Einzelkornes in parallelen Schalenschichten nach PIOBERT festgelegt wird oder in weit besserer Übereinstimmung mit der Wirklichkeit nach CHARBONNIER und neuerdings nach SCHMITZ-KRUPP durch Versuche. Auch hier hat CRANZ in eigenen Arbeiten vieles klargestellt und eine sehr befriedigende Übereinstimmung zwischen dem Versuch und den Folgerungen aus dem SCHMITZ-KRUPPschen Verbrennungsgesetz gefunden. In Abschnitt V werden die mechanischen Wirkungen von Explosionen auf die Umgebung und die Luftwellen bei Explosionen in freier Luft, RIEMANNsche Wellen genannt, behandelt: bei solchen Explosionen schwingt die Luft in größeren Ausschlägen mit größeren Dichteunterschieden hin und her als bei den gewöhnlichen Schallwellen, und je größer die Dichte, um so größer ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Luftwelle. Die von RIEMANN für ebene Luftwellen gegebenen Ansätze sind von RÜDENBERG theoretisch weiterentwickelt und auch auf kugelförmig sich ausbreitende Luftwellen erweitert worden. Mit diesem mathematischen Rüstzeug lassen sich viele eigenartige Erscheinungen bei Explosionen in freier Luft, insbesondere die öfter beobachteten Saugwirkungen auf der Explosionsseite befriedigend erklären.

Die Abschnitte VI bis VIII sind dem obengenannten innerballistischen Hauptproblem gewidmet, das mathematisch durch drei Gleichungen gekennzeichnet wird: Das Energiegesetz legt Rechenschaft ab über den Verbleib der bei der Explosion im Rohre freigesetzten Verbrennungswärme E, dazu kommt das NEWTONsche Beschleunigungsgesetz und das maßgebende Verbrennungsgesetz.

Die allgemeine Lösung dieser Ansatzgleichungen ist bisher nur näherungsweise gelungen. Ausgehend von der geometrischen Form des Kornes und der PIOBERTschen Annahme des Abbrennens in Schichten, bringen MACHE, H. LORENZ und NOWAKOWSKI analytische Lösungsverfahren, die CRANZ für die wichtigsten der bisher vorgeschlagenen hält, deren praktische Verwendbarkeit aber im einzelnen noch zu prüfen wäre. Es folgt in längerer Darstellung ein graphisches Lösungsverfahren, von CRANZ selbst ersonnen, in welchem er sich freimacht von der Hypothese PIOBERTS. Zusammenfassend spricht CRANZ sich dahin aus, daß die mathematischen Schwierigkeiten, wenn auch groß, heute doch überwindbar sind, daß die Hauptschwierigkeit vielmehr in der zahlenmäßigen Bereitstellung gewisser in den Hauptgleichungen vorkommender Größen liegt. Einige Bearbeiter suchen daher Auswege, indem sie wichtige Größen der Erfahrung entnehmen oder zur Erleichterung des Rechnungsganges Tabellen aufstellen; für letztere hat CRANZ selbst einige Vorbilder geliefert.

Die Abschnitte IX bis XI betreffen die Bewegung des Geschosses im Rohr, den Rückstoß und Rücklauf sowie den Raketeneffekt und das Sprenggeschoß. Es sei hier besonders aufmerksam gemacht auf die äußerst lehrreiche und aufklärende Behandlung der inner- und außerballistischen Probleme der Raketengeschosse und der für Mondfahrten und andere phantastische Pläne in letzter Zeit mehrfach vorgeschlagenen Raketenfahrzeuge. Den Schluß bildet ein Anhang mit hervorragend schönen photographischen Abbildungen der Austrittserscheinungen der Pulvergase, der zeigt, wie CRANZ auch auf dem Gebiet der Phototechnik in Anwendung auf die sehr schnellen Explosionsvorgänge Meister ist.

Der vorliegende Band II, der zum erstenmal der Fachwelt und jedem, der Auskunft über Explosionsvorgänge im Rohr oder im Freien und über Sprengungen sucht, ein abgerundetes Bild der inneren Ballistik bietet, empfiehlt sich — gleichwie Band I, der im vorigen Jahr in den Naturwissenschaften H. 34, S. 789 besprochen wurde — von selbst durch die Reichhaltigkeit des Stoffes und die Art, wie der Verfasser ihn beherrschend und klar darstellt. Hoffentlich krönt CARL CRANZ recht bald mit dem dritten Band, des „Experimentellen Ballistik", sein in der ganzen Welt als das klassische Lehrbuch der Ballistik geschätztes und viel benutztes Werk. M. WEBER, Berlin.

MEYER, STEFAN, und EGON SCHWEIDLER, **Radioaktivität**. 2. Auflage. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1927. X, 721 S. und 108 Abb. 16 mal 23 cm. Preis RM 36.—.

Schon beim Erscheinen der ersten Auflage im Jahre 1916 wurde das vorliegende Werk von allen auf dem Gebiet der Radioaktivität Arbeitenden aufs freudigste begrüßt. Hier war zum erstenmal eine kritisch geschriebene Übersicht über alle Kapitel der Radiophysik und Radiochemie gegeben, unter Anführung der gesamten einschlägigen Literatur. Der Beifall, den das Werk fand, war begreiflicherweise sehr stark.

Und doch hatte damals das Buch ein wenig unter der ungünstigen Erscheinungszeit gelitten. Rein äußerlich insofern, als sich die Drucklegung während der Kriegsereignisse ungewöhnlich lange hinzog und dadurch notwendig einige Ungleichmäßigkeiten in den Text kamen; aber auch innerlich, weil der Zeitpunkt damals für eine zusammenhängende Darstellung weniger geeignet war als heute. Während der Niederschrift des Textes für die erste Auflage standen zwei der wichtigsten neuen Ideen, die RUTHERFORD-BOHRsche Atomvorstellung und der Begriff der Isotopie, erst im Beginn ihrer Entwicklung und hatten noch nicht die weitgehende Vertiefung und Vereinfachung zahlloser Probleme bewirkt, die wir ihnen heute verdanken.

Nun liegt in der zweiten Auflage das Werk vollkommen aus einem Guß vor. Es umfaßt das gesamte Gebiet der Radioaktivität, wobei auch die modernen theoretisch-physikalischen Überlegungen berücksichtigt sind, soweit — aber auch nur soweit — sie eine direkte Beziehung zu den radioaktiven Erscheinunen haben. Verglichen mit der gewaltigen Vermehrung des Inhaltes hat der Umfang nur wenig, nur um etwa ein Viertel, zugenommen; die Autoren haben es vorgezogen, auch sehr wichtige Forschungsergebnisse auf geringem Raum, in knappen, inhaltsreichen Sätzen kurz mitzuteilen und im übrigen auf die Originalliteratur zu verweisen. Die Zahl dieser Literaturzitate ist dem entsprechend viel stärker gestiegen, als der Umfang des Werkes, nämlich von rund 3000 auf über 6000 Einzelzitate, durch welche jetzt wiederum die Literatur der Radioaktivität praktisch vollständig erfaßt

sein dürfte. Neben dieser unschätzbaren Literaturquelle bilden die vielen ausführlichen Tabellen einen bemerkenswerten Zug des Werkes; ihre Zahl ist in der neuen Auflage so bedeutend und der in ihnen zusammengefaßte Stoff so wertvoll, daß ein eigenes „Tabellenverzeichnis" am Ende des Buches angefügt wurde. Besonders hingewiesen sei auf Tabelle 2 des Anhanges, welche die sog. „Basiswerte" enthält; hier ist angegeben, welche genauen Zahlenwerte für die fundamentalen Größen wie elektrisches Elementarquantum, Loschmidtsche Zahl, mechanisches Wärmeäquivalent usw. durch das ganze Buch allen Berechnungen zugrunde gelegt sind. Bekanntlich wurden namentlich in der älteren Literatur von den verschiedenen Autoren etwas verschiedene Zahlenwerte dieser Konstanten benutzt und die in der Literatur zerstreuten Angaben sind darum oft nicht unmittelbar vergleichbar. Dieser scheinbar nicht sehr wesentliche Punkt kann viel Zeitverlust bedingen, wenn der Leser erst die jeweils benutzten Grundwerte herausfinden und die entsprechenden Umrechnungen selber vornehmen muß. Jeder Benutzer des vorliegenden Buches wird darum den Autoren besonderen Dank dafür wissen, daß sie bereits die große Mühe der gleichmäßigen Berechnung zahlloser numerischer Angaben auf sich genommen haben.

Alles in allem ist das Erscheinen dieser imposanten zweiten Auflage des Handbuches der beiden Professoren der Wiener Universität ein neuer Beweis dafür, daß Wien nicht nur durch die im Radiuminstitut der Akademie der Wissenschaften geleistete experimentelle Arbeit, sondern auch durch seine literarische Produktion ein Zentrum der Radiumforschung ist.

Fritz Paneth, Berlin.

MAYER, ADOLF, **Ernährung und Fütterung der Nutztiere in 20 Vorlesungen.** Zum Gebrauch an Universitäten und höheren Lehranstalten sowie zum Selbststudium. II. Auflage. Bearbeitet von A. Morgen, Hohenheim. Heidelberg: Karl Winters Universitätsbuchhandlung 1925. IX, 423 S. Preis RM 18.—.

Als im Jahre 1870 Adolf Mayer sein „Lehrbuch der Agrikulturchemie in Vorlesungen" herausgab, dem in den inzwischen verflossenen $5^1/_2$ Dezennien mehrere Generationen von Agrikulturchemikern und Landwirten ihre Einführung in die wissenschaftliche Betrachtungsweise und den naturwissenschaftlichen Inhalt dieses Teiles der Landwirtschaftswissenschaft verdanken, brachte er im Vorwort zum Ausdruck, daß er sich nicht entschließen könne, die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere in sein Programm aufzunehmen, „weil wir über Tierernährung ausgezeichnete und den Bedürfnissen ziemlich vollständig entsprechende Werke besitzen." Dieser Entschluß muß aufs tiefste beklagt werden, denn zweifellos wäre damals auch die Bearbeitung der Tierernährungslehre durch Adolf Mayer nicht nur deshalb erwünscht gewesen, weil dieses Gebiet, als ein Teil der Agrikulturchemie, in einem Lehrbuch dieses Wissenszweiges nicht fehlen durfte, sondern weil die anregende, geistreiche Darstellungsweise, die den Mayerschen Werken so zahlreiche Freunde erworben hat, doch einem Bedürfnis abgeholfen hätte, das trotz der vorhandenen „ausgezeichneten" Werke damals bestand. Diese Erkenntnis hat sich ja wohl auch immer mehr dem verdienten Meister der Agrikulturchemischen Wissenschaft aufgedrängt und so erschien im Jahre 1908 — 38 Jahre nach der Herausgabe der ersten Bände — als 4. Band „Ernährung und Fütterung der Nutztiere" — leider zu spät und zu einem denkbar ungünstigen Zeitpunkt. Dieser Band, der 30 Jahre früher herausgebracht, den anderen Bänden würdig zur Seite gestanden wäre und für dessen Herausgabe damals die zahlreichen Schüler von Adolf Mayer dankbar gewesen wären, erschien zu einer Zeit, als das Kellnersche Werk „Die Ernährung der Landw. Nutztiere" seinen Siegeslauf angetreten und Wissenschaft und Praxis in seinen Bann gezogen hatte; und das konnte nicht wundernehmen, denn es war das Werk eines Spezialisten, der in seinem Buche die Ergebnisse eines langen und fruchtbaren Forscherlebens niedergelegt hatte. Diese persönliche Note des Spezialforschers, der über Selbsterlebtes berichtet, fehlte diesem Mayerschen Band, der leider auch in anderer Beziehung ein spätes Kind war. An und für sich hätte das Erscheinen des Kellnerschen Werkes der Aufnahme des Mayerschen Buches keinen Abbruch zu tun brauchen, denn diese beiden Werke standen sich nicht im Wege, im Gegenteil, sie hätten sich nach Überzeugung des Referenten auf das Glücklichste ergänzen können: Die Mayerschen Werke sind *Lehrbücher* im besten Sinne des Wortes, in denen ein geistreicher Lehrer durch die schwungvolle, hinreißende Art der Darstellung Jünger für eine Wissenschaft wirbt und sie in ein schwieriges und sprödes Wissensgebiet mit sicherer Hand einführt. Das Kellnersche Werk ist ein *Handbuch*, das ein großes Tatsachenmaterial, zum großen Teil das Ergebnis eigener physiologischer Forschung und praktischer Erfahrung, dem Leser mitteilt; aber es setzt die Kenntnisse voraus, die das Lehrbuch von Adolf Mayer vermitteln will. Ohne die Kenntnisse der physiologischen Vorgänge bei der Ernährung, die im Mayerschen Buche erschöpfend behandelt werden, ist das Kellnersche Werk nicht zu verstehen.

Man muß dem Herausgeber und dem Verlage der Adolf Mayerschen Lehrbücher zu dem Entschlusse Glück wünschen, auch die Neubearbeitung des 4. Bandes einem Spezialfachmann zu übertragen, und sie konnten dazu wohl keinen besseren finden, wie den als Lehrer und Forscher gleich erfahrenen A. Morgen, den Nachfolger Emil Wolffs auf dem Lehrstuhl für Agrikulturchemie an der Landw. Hochschule in Hohenheim. Daß es auch für ein Lehrbuch von dem Charakter der A. Mayerschen einen großen Gewinn bedeuten muß, wenn zu den einzelnen Fragen ein Forscher Stellung nimmt, der sich auf Grund eigener jahrzehntelanger Versuche ein Urteil gebildet hat, ist ja ohne weiteres klar, wenn damit auch die Gefahr verbunden ist, daß die Gebiete, die ein solcher Forscher besonders bearbeitet hat, vor anderen eine Bevorzugung erfahren. Der Vorzug der Morgenschen Bearbeitung besteht aber darin, daß alle Fragen nicht einseitig, sondern mit einer abgeklärten Sachlichkeit besprochen werden, wie es nur das reife Wissen eines in reicher spezial-wissenschaftlicher Tätigkeit geschulten Lehrers und Forschers möglich macht. Ferner ist bei tunlichster Schonung der ursprünglichen Darstellung eine Fülle von unentbehrlichem Tatsachenmaterial in die Neuauflage hineingearbeitet und damit vorhandene Lücken ausgefüllt und der modernste Stand der Ernährungswissenschaft zur Darstellung gebracht. Es kann nicht Aufgabe einer Bücherbesprechung sein, auf die Einzelheiten der vorgenommenen Änderungen einzugehen; es wäre auch bei ihrer außerordentlich großen Zahl ein vergebliches Beginnen, sie im Rahmen des zur Verfügung stehenden Raumes aufzuzählen. Es sei daher nur, um die wichtigsten Kapitel, die eine vollständige Umarbeitung erfahren haben, zu erwähnen, hervorgehoben, in welch übersichtlicher und tiefschürfenden Weise die Forschungsergebnisse der modernen Eiweißchemie, der Abbau und Aufbau des Eiweißes bei der Verdauung und nach der Resorption, die biologische Wertigkeit der Eiweißstoffe, der Wert und die Verwertung der in den

Futterstoffen enthaltenen Amidsubstanzen usf. abgehandelt worden sind. Eine weitgehende Bereicherung erfuhren auch die Kapitel über Nahrungsaufnahme, die Verdauungsprozesse, Stoffwechselprodukte und insbesondere der Teil, der sich mit dem Einfluß von Reizstoffen, Säuren, Salzen usw. auf die Verdaulichkeit und den Stoffwechsel befaßt. Neu hinzugekommen ist ein Abschnitt, der die Vitamine und ihre Bedeutung behandelt; es wirkt hier die kritische Besprechungsweise, die sich von Übertreibungen frei hält, in hohem Maße überzeugend. Eine ganz besonders lichtvolle Behandlung hat ein Kapitel erfahren, das in der 1. Auflage zu stiefmütterlich weggekommen war: *Die Kellnersche Stärkewertslehre*. Es dürfte die hier gewählte Darstellungsform, eine der klarsten und besten der gesamten Literatur, geeignet sein, das Wesen der Kellnerschen Lehre dem Verständnis der Leser näherzubringen und auch diejenigen zu überzeugen, die sich ihr gegenüber heute noch ablehnend verhalten. Eine eingehende und kritische Besprechung erläutert die Berechnung der Preiswürdigkeit der Futtermittel, und es werden unter Hinweis auf die Neubauerschen und Machschen Bewertungsverfahren Vorschläge zur Lösung dieser Frage gemacht.

Neben den Fragen theoretisch-wissenschaftlicher Natur haben in der Morgenschen Bearbeitung aber auch die Abschnitte, die die Verhältnisse in der Praxis behandeln, eine Vertiefung und Erweiterung erfahren. Es sei nur auf die Kapitel der Einsäuerung, Strohaufschließung, Fütterung der landw. Nutztiere für die Zwecke der Produktion — insbesondere die Abschnitte über Mast und Milchleistung — verwiesen. Die Gründlichkeit, mit welcher hier Gegenstände behandelt werden, deren Kenntnis Allgemeingut eines jeden Landwirtes werden sollte, zeigt, daß Morgen an dem Aufbau dieses Teiles der Fütterungslehre in seinen langem Lehrer- und Forscherleben besonders regen Anteil genommen hat.

Nach alledem kann die 2. Auflage des 4. Bandes der Mayerschen Agrikulturchemie all denen auf das Wärmste empfohlen werden, die sich das wissenschaftliche Rüstzeug für das Verständnis ernährungsphysiologischer Probleme verschaffen wollen. Es ist kein Buch für solche, die in einer Fütterungslehre nur nach Rezepten suchen, wohl aber für die, die nach dem Dichterwort zu handeln gewohnt sind: „In die Tiefe mußt Du steigen, soll sich Dir das Wesen zeigen."

Gustav Fingerling, Leipzig-Möckern.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Das Getriebe-Problem beim Kraftwagen. Die Urform des heute üblichen Zahnräder-Schaltgetriebes für Automobile finden sich noch heute bei gewissen Dampflokomobilen für Straßenbauzwecke. Solche Maschinen pflegen mit zwei Übersetzungen ausgerüstet zu werden, damit sie bei gleicher Umdrehungszahl der treibenden Dampfmaschine mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten fahren können. Allerdings kann man hier von einer Geschwindigkeit auf die andere nicht übergehen, ohne die Lokomobile zum Stillstand zu bringen, weil man bei den hier in Frage kommenden großen Kräften die Zahnräder nicht verschieben könnte.

Die Übertragung dieses Gedankens auf den schneller fahrenden Kraftwagen, den man unmöglich vor jedesmaligem Umschalten zum Stehen bringen kann, brachte dann die Notwendigkeit mit sich, zwischen Motor und Getriebe eine Kupplung einzuschalten. Diese ermöglicht, die Verbindung zwischen Motor und Getriebe zu unterbrechen, also den Druck von den im Eingriff befindlichen Zahnrädern zu entfernen, so daß sie sich dann in dem vermöge seiner lebendigen Kraft weiterrollenden Wagen ohne Belastung leicht verschieben lassen. Merkwürdig genug ist, daß diese Art der Kraftübertragung, die heute bereits mehr als 35 Jahre alt ist, in der ganzen Zeit der großen Entwicklung des Automobilwesens keine grundsätzliche Wandlung erfahren hat.

Und doch hat das Wechselgetriebe schwere Mängel. Es ist selbstverständlich, daß sich der Übergang von einer Übersetzung zur anderen nicht ohne Stoß vollziehen kann, der in Reibungsarbeit der Kupplung aufgezehrt werden muß, soweit er sich nicht in Deformationsarbeit der Zahnräder während des Einschaltens umsetzt. Um diesen Stoß zu mildern, könnte man die Zahl der Getriebestufen vermehren, und es wäre denkbar, den Geschwindigkeitsunterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Getriebestufen so klein zu machen, daß sogar die Kupplung entbehrt werden könnte. Aber ein solches Getriebe wäre wegen der großen Zahl von Zahnrädern, die es enthalten müßte, für einen Kraftwagen zu groß und zu schwer, also praktisch unverwendbar. Man versteht aber so wenigstens, warum der Gedanke, die Übersetzung zwischen Motor und Kraftwagenachse auf hydraulischem Weg herbeizuführen, die Erfinder immer wieder von neuem anzieht. Verbindet man nämlich den Motor mit einer Pumpe, die die Flüssigkeit einer ähnlich gebauten Pumpe, die mit der Achse verbunden ist, zudrückt, so hängt die Übersetzung zwischen Motor und Achse nur von dem Verhältnis der Hubräume der beiden Pumpen ab. Fördert die mit dem Motor verbundene Pumpe z. B. 1 Liter bei einer Umdrehung, während die mit der Achse verbundene Pumpe 4 Liter aufnimmt, bevor sie sich einmal herumdreht, so beträgt die Übersetzung 1:4, und man kann diese Übessetzung gänzlich stoßfrei verändern, indem man die Fördermengen der Primärpumpe oder die Aufnahme der Sekundärpumpe verändert. Leider hat sich die hydraulische Übersetzung bei den für Kraftwagen in Betracht kommenden Geschwindigkeiten und Kräften trotz mannigfacher Versuche bis jetzt als praktisch unwirtschaftlich erwiesen, weil die Flüssigkeitsdrücke zu hoch und die Reibungsverluste in der Flüssigkeit zu groß werden.

Eine geringe Verbesserung haben dann die Bestrebungen gebracht, die Stöße, die beim Schalten des Getriebes unvermeidlich erscheinen, wenigstens von den Zahnrädern fernzuhalten. Man versieht zu diesem Zweck jedes zu schaltende Zahnrad mit einer besonderen Kupplung, die die Verbindung des Zahnrades mit seiner Welle zu besorgen hat. Während also alle Zahnräder dauernd miteinander im Eingriff stehen, also niemals verschoben zu werden brauchen, bringt man nun diejenige Kupplung zum Eingriff, welche dem gerade gewünschten Gang entspricht. Als besonders aussichtsvoll hat sich dabei der Weg erwiesen, alle diese Kupplungen auf hydraulischem Wege ein- oder auszuschalten, weil sich dann ein solches Getriebe verhältnismäßig einfach gestalten läßt. Allein es steht noch nicht fest, wie sich die hydraulische Schaltung bei der im Gebrauch unvermeidlichen Abnutzung der Getriebeteile bewährt, insbesondere ob die ganze Wirkungsweise der Schaltung nicht durch das Auftreten von Undichtheiten in der Zuleitung des Drucköls in Frage gestellt wird.

Eine Zeitlang hat man geglaubt, das Problem des leicht schaltbaren Getriebes auch in der Weise lösen

zu können, daß man nicht nur vor, sondern auch hinter dem Getriebe eine Kupplung anordnet. Man konnte so das Getriebe auch vom Wagenantrieb trennen und das Umstellen der Zahnräder ganz ohne Stoß ausführen. Die Ausführung dieses Vorschlags, der ernstlich erwogen wurde, scheiterte allerdings an der Unmöglichkeit, eine Kupplung zu bauen, die bei den beschränkten Abmessungen, wie sie der Kraftwagen bedingt, imstande gewesen wäre, die hohen Umfangskräfte zu übertragen, die beispielsweise beim Anfahren auftreten. Während nämlich die vor dem Getriebe befindliche Kupplung als höchste Umfangskraft nur soviel aufzunehmen hat, wie der Motor abgeben kann, müßte die Kupplung hinter dem Getriebe ein Vielfaches diese Kraft übertragen können, weil die Übersetzung im Getriebe die Umfangskräfte entsprechend vervielfacht. Aber, abgesehen von dieser Schwierigkeit, wäre auch das gleichzeitige Betätigen der beiden Kupplungen nicht ganz leicht gewesen.

Neuere Vorschläge zur Verbesserung des Schaltgetriebes gehen darauf aus, den Vorgang des Schaltens zu automatisieren und dadurch von der Geschicklichkeit und vom subjektiven Gefühl des Fahrers möglichst unabhängig zu machen. Einen der großen Fortschritte auf diesem Wege war der von Freiherrn v. Soden, Friedrichhafen, ausgesprochene Gedanke, daß sich der Vorgang des Schaltens grundsätzlich in zwei Phasen zerlegen läßt, die zeitlich beliebig voneinander getrennt werden können. Die eine Phase ist die des Wählens und des Vorbereitens der neuen Schaltung, die andere die des eigentlichen Schaltens. Das Wählen der neuen Getriebestufe setzt voraus, daß die Anschläge, die den bisherigen Getriebegang sicherten, gelöst und die Anschläge für den neuen Getriebegang in die Arbeitsstellung gebracht werden. Dazu bedient man sich eines kleinen Hebels am Führersitz, des sog. Gangwählers, der auf die entsprechende Zahl eines Zeigerbretts eingestellt wird und mit dem Getriebe durch eine Drahtleitung in Verbindung steht. Das eigentliche Umschalten erfolgt nun so, daß man auf den Kupplungshebel tritt und gleich darauf den Kupplungshebel wieder freiläßt. Durch das Niederdrücken des Kupplungshebels löst man erst den Motor vom Getriebe, wie bei jedem Automobil, dann aber verschieben sich alle Zahnräder in die Mittelstellung, so daß das Getriebe unwirksam wird und die Riegel für den neuen Gang ihre richtige Lage einnehmen. Läßt man dann den Hebel wieder frei, so gelangt nur der neue Getriebegang in Eingriff, während der früher benutzte Gang unwirksam bleibt. Ein Verschieben von Zahnrädern mit dem Handhebel, wie bei andern Wagen, kommt also, und das ist der Vorzug des Getriebes, nicht mehr in Frage. Vielmehr vollzieht sich das Einrücken des neuen Getriebeganges ganz mechanisch unter dem Einfluß einer Feder. H.

Die Südpolarfront. Die moderne meteorologische, insbesondere die aerologische Forschung hat den Nachweis erbracht, daß über dem Nordpolargebiet eine kalte Luftmasse von erheblicher Mächtigkeit lagert, deren Dicke jedoch nach Süden zu allmählich abnimmt. Die obere Grenzfläche dieser Polarluft senkt sich schließlich bis zum Erdboden herab. Die Schnittlinie der Grenzfläche mit der Erdoberfläche, die V. Bjerknes als „Polarfront" bezeichnet, trennt also die kalten aus dem Polargebiet vordringenden Luftmassen von der warmen Luft, die aus niedrigeren Breiten stammt und an der Diskontinuitätsfläche emporgleitet. Die Polarfront stellt sich demnach auf der Wetterkarte als jene Linie dar, welche den, in ein barometrisches Minimum meist von Süden her einspringenden „warmen Sektor" gegen die relativ kalten Luftströmungen abgrenzt. Die Kenntnis ihrer Wanderung über die Erdoberfläche, die auf der Nordhalbkugel in wellenähnlichen Windungen vorwiegend von Westen nach Osten erfolgt, ist für die Wetterprognose aus dem Grunde von hoher Bedeutung, weil sich die Niederschlagsgebiete eng an die Polarfront anschließen.

Bisher hatten sich die Meteorologen fast ausschließlich mit der Untersuchung der Polarfront auf der nördlichen Halbkugel beschäftigt. Nunmehr ist es Ph. Wehrlé und Ph. Scherescheswsky gelungen, auch eine südliche Polarfront festzustellen (Sur le front polaire austral. Ergänzungsheft Nr. 191 zu Petermanns Mitteilungen, S. 77—84. Gotha 1927), die naturgemäß im wesentlichen analoge Züge aufweist wie die nördliche. Als erwähnenswerte Eigenschaften seien die folgenden hervorgehoben: Die Südpolarfront verändert ihre Breitenlage analog dem subtropischen Aktionszentrum, d. h. sie verlagert sich vom Sommer zum Winter nordwärts. Tiefe und Geschwindigkeit ihrer Störungen sind im Winter größer als im Sommer. Ihre Aktivität ist proportional dem Nord-Süd-Gradienten des subtropischen Aktionszentrums. Die Polarfront wird nicht merklich von der antarktischen Antizyklone beeinflußt, die nur ein oberflächliches Kissen kalter Luft darstellt. Wie die Nordpolarfront einen Zweig südostwärts nach Nordwest-Europa längs der Atlantischen Antizyklone erstreckt, so bildet auch die Südpolarfront Abzweigungen von Südwesten nach Amerika und Afrika. Diese Zweigströme (Courants dérivés) dringen weit äquatorwärts vor und lassen sich einerseits bis über Rio de Janeiro hinaus, andererseits bis nach Sansibar nachweisen. Aus Symmetriegründen ist auch die Existenz eines solchen Courant dérivé im Osten Australiens wahrscheinlich, da diese Abzweigungen vermutlich auf den Einfluß der Kontinente zurückzuführen sind. Die Regelmäßigkeit der Südpolarfront ist im allgemeinen viel größer als diejenige der Nordpolarfront, weil das Überwiegen des Ozeans in jenen hohen südlichen Breiten einfachere Verhältnisse bedingt.

Im übrigen aber erstreckt sich die Analogie mit der Nordpolarfront noch weiter, nämlich auch auf die von der Polarfront unabhängigen Pseudofronten. Die Südhemisphäre besitzt gleichfalls eine solche Pseudofront, welche mit der warmen Jahreszeit in Australien intermittiert. Die Störungen entstehen im Norden Australiens, schreiten nach Südosten fort und interferieren dann im Süden oft mit der Polarfront.

Während also die Südpolarfront auf dem Ozean regelmäßiger ausgebildet ist als die Nordpolarfront, üben die Kontinente insofern einen wichtigen Einfluß auf sie aus, als sie zu mindestens zwei Abzweigungen und einer Pseudofront Veranlassung geben. O. B.

Über den Bau der Netzhaut bei Süßwasserfischen, die in großer Tiefe leben (Coregonen, Tiefseesaibling). (W. Wunder, Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. C: Zeitschr. f. vergleich. Physiol. Bd. 4, H. 1., S. 22—36. 1926). Bei den Tiefseefischen sind große Augen beschrieben worden, die zum Teil teleskopartige Gestalt haben und in der Netzhaut nur Stäbchen besitzen. In diesen Tiefen unter 400 m sind sie auf das Licht angewiesen, das von den Leuchtorganismen stammt, denn von der Oberfläche her gelangt das Licht nicht mehr in diese Tiefen. Wunder hat nun die Augen von Coregonen und Tiefseesaiblingen der Alpenseen, die in Tiefen von 100—200 m angetroffen werden, studiert. Im Ammer- und Bodensee, woher die Fische stammen, herrscht bei 40 m Tiefe höchstwahrscheinlich bereits vollständige Dunkelheit, aber die Tiere sind ausschließliche Tiefenbewohner, da sie z. B. bei der Laichablage

an die Oberfläche kommen usw. Die Augen sind meist sehr groß und vorgetrieben, wenn sie beim Fange schnell aus der Tiefe an die Oberfläche gebracht werden. Die Untersuchung der Netzhaut zeigt, daß sehr große Zapfen, sogar Doppelzapfen in beträchtlicher Zahl vorhanden sind. Die Stäbchen sind zum Teil sehr groß, in geringer Zahl wie bei den Hellfischen. Die Kilche (Coregonus acronius) haben kleinere Augen als die Renken (Coregonus), und die Sehelemente sind an Zahl verringert. Bei den Dämmerungsfischen (Brachsen) mit gut entwickelten Augen sind die winzig kleinen Sehelemente in ungeheurer Zahl vorhanden, bei denen mit rückgebildeten Augen (Bartgrundel) sind große Stäbchen in geringerer Zahl und kleine Zapfen zu finden. Das Pigment besteht aus Melanin; Guanin, das man wohl bei den Tiefenfischen erwarten könnte, ist nicht vorhanden. Bei den untersuchten Arten findet man in der Beziehung des Pigmentes zu den Sehelementen alle Übergänge zur Dunkelstellung. Bei den Blaufelchen liegt volle Hellstellung vor, bei den Tiefseesaiblingen volle Dunkelstellung, und dazwischen liegen alle Übergangsstufen. Volle Sicherheit würde natürlich nur das Experiment geben; aber solche konnten bei den sehr hinfälligen und durch die Trommelsucht (Blähung der Schwimmblase) nach dem Fange geschädigten Tieren nicht mehr angestellt werden. Der Gesamtbau der Netzhaut zeigt durchaus Salmonidencharakter. Während die anderen Teleostier, die zuerst im Perm auftreten, sich wie die in der Kreide erscheinenden Tiefseefische den besonderen Verhältnissen anpassen konnten, haben die Salmoniden, die erst im Pliocän erscheinen, keine Möglichkeit, sich besonderen Lebensbedingungen weitgehend anzupsasen; so kommt es, daß die Tiefenfische, die ja auch in den Tiefen nicht die leuchtende Umgebung wie die Tiere der Tiefsee finden, auch durchaus nicht ausschließlich in der Tiefe leben, nur geringfügige Anpassungserscheinungen im Bau des Auges zeigen (geringere Augengröße, Reduktion der Zahl der Sehelemente). Dies ist am deutlichsten bei den Formen zu erkennen, die auch als ausgewachsene Tiere noch in der größten Tiefe leben. So zeigt diese Untersuchung sowohl für die Biologie, wie für die Stammesgeschichte interessante Ergebnisse. (Ber. üb. d. ges. Physiol. u. exp. Pharmakol. **39**, 858.) KALLIUS

Elastizität von supraleitenden Metallen. (W. J. DE HAAS und M. KINOSHITA, Proc. kon. akad. v. wetensch. (Amsterdam) **30**, Nr. 5, S. 598—609. 1927; Comm. Phys. Lab. Leiden Nr. 187b.) Zweck dieser Untersuchungen war die Lösung der Frage, ob die Elastizität von den betrachteten Metallen eine Änderung erleidet bei ihrem Übergang aus dem nichtsupraleitenden in den supraleitenden Zustand.

Als Maß der Elastizität wurde der Torsionsmodul gewählt, weil dieser am leichtesten zu bestimmen ist. Ein Draht des zu untersuchenden Metalles wurde vertikal unten im Kryostat befestigt. Er wurde tordiert mittels eines Glasrohres, das ziemlich lang war, und eines kurzen dünnen Phosphorbronzedrahtes, der sich so hoch im Kryostat befand, daß er auf Zimmertemperatur war. Da das Glasrohr praktisch nicht mittordiert wurde, konnte man die Torsion des supraleitenden Metalles mittels eines am oberen Ende des Glasrohres befestigten Spiegelchens ablesen. Auch am oberen Ende des Bronzedrahtes war ein Spiegelchen angebracht, so daß aus der Torsion dieses Drahtes das tordierende Moment berechnet werden konnte. Neben den eigentlich bezweckten Messungen wurde der Verlauf des Torsionsmoduls mit der Temperatur untersucht.

Untersucht wurden Zinn von Zimmertemperatur bis unter dem Temperatursprungpunkt der Suprakonduktivität und Quecksilber von der Temperatur von flüssiger Luft auch bis unter dem Sprungpunkt der Suprakonduktivität. Im Verlauf des Torsionsmoduls wurden keine Unregelmäßigkeiten aufgefunden. Mit gepreßten Zinndrähten arbeitend fanden die Verf. eine Hysteresiserscheinung. Bei Einkrystalldrähten aus Zinn trat diese Erscheinung nicht auf, auch nicht bei Quecksilberdrähten, welche sich genau wie Einkrystalldrähte verhalten und es wahrscheinlich sind.

Was nun den Übergang in den supraleitenden Zustand betrifft, so wurde dieser um Temperaturunregelmäßigkeiten zu vermeiden durch Anbringung eines Magnetfeldes bei konstanter Temperatur hervorgerufen. Keine Änderung des Torsionsmoduls wurde wahrgenommen mit einer Genauigkeit, welche sich der der Interferenzmethoden nähert. Da der Ausdehnungskoeffizient bei den sehr niedrigen Temperaturen nicht bekannt war, konnte die sich auf diesen beziehende Korrektion in den Resultaten nicht angebracht werden. Es ist jedoch äußerst unwahrscheinlich, daß entweder eine Volumenänderung oder eine Magnetostriktion genau eine auftretende Änderung des Torsionsmoduls aufgehoben hätte.

Schließlich wurde noch untersucht, ob eine Torsion die Suprakonduktivität leichter auftreten läßt, wie dies bei einer Zugspannung der Fall ist. Da man im Falle einer Torsion die größten Spannungen an der Oberfläche des Drahtes hat, so würde eine solche Erleichterung des Auftretens der Suprakonduktivität sicherlich zu erwarten sein, wenn der Mechanismus eine Oberflächeneigenschaft des Suprakonduktors wäre. Obgleich man diese Versuche bis weit über die Torsionsgrenze gemacht hat, wurde keine Spur von einer solchen Erleichterung wahrgenommen. DE H.-L.

Die thermische Ausdehnung des Silbers zwischen + 101° C und − 253° C. (W. H. KEESOM und Frl. A. T. J. JANSEN, Proc. kon. akad. v. wetensch. (Amsterdam) **30**, Nr. 5, S. 576—580. 1927; Comm. Phys. Lab. Leiden Nr. 185c.) Nach der in einer früheren Abhandlung beschriebenen Methode wurde der Ausdehnungskoeffizient α des Silbers bestimmt. Die Resultate wurden durch eine empirische Formel von der Form:

$$L_t = L_0\{1 + At + Bt^2 + Ct^3 + Dt^4\}$$

dargestellt. Zum Schluß wurden die Ergebnisse mit den von anderen Autoren gefundenen verglichen. Als Beispiel nennen wir für den Wert von $\alpha \cdot 10^6$ (Mittelwert über den betrachteten Temperaturbereich) von 0° bis 100°: K. und Frl. J. 19,14; Scheel 19,68; von 0° bis 180°: K. und Frl. J. 16,89; Henning 17,05. DE H.-L.

Astronomische Mitteilungen.

Das Leuchten der galaktischen Nebel. Die beiden Unterabteilungen der galaktischen Nebel, die planetarischen und die diffusen Nebel, unterscheiden sich nicht nur ihrer Form nach voneinander, auch ihre Spektren lassen Unterschiede erkennen. Die planetarischen Nebel zeigen immer ein Emissionsspektrum und außerdem häufig noch ein kontinuierliches Spektrum, das am Kopf der Balmerserie beginnt und sich nach dem Ultraviolett hin erstreckt. Bei den diffusen Nebeln kommen sowohl reine Emissionsspektren als auch

kontinuierliche Spektren vor. Die Beobachtungen haben gezeigt, daß in der Nähe der galaktischen Nebel immer wenigstens ein heller Stern vorhanden ist, wodurch man zu der Annahme geführt wird, daß das sonst schwer zu erklärende Leuchten dieser außerordentlich verdünnten Gasmassen auf das Vorhandensein und die Wirkung dieses Sternes zurückzuführen ist. Eine bloße Reflektion des Sternlichtes an den Nebelteilchen kann freilich nicht in Frage kommen, denn dafür sind die Nebelspektren ihrer Natur nach zu sehr von den Spektren der benachbarten Sterne verschieden. Nach Russell nimmt man deshalb an, daß eine Anregung der Atome der Nebelmaterie entweder durch kurzwellige oder durch corpusculare Strahlung des Sternes stattfindet. Die Beobachtungen haben erkennen lassen, daß die Art des Nebelspektrums eine deutliche Abhängigkeit vom Spektraltypus des mit dem Nebel verbundenen Sternes zeigt. Diffuse Nebel mit kontinuierlichem Spektrum erhalten ihre Anregung immer von Sternen der Spektralklasse B1 oder später, während Nebel mit Emissionsspektren nur mit B0- bis O5-Sternen verknüpft sind, und die planetarischen Nebel in der Regel nur zusammen mit noch heißeren Sternen vorkommen. Die Beobachtungen haben ferner gezeigt, daß in photometrischer Hinsicht das von einer kleinen Fläche eines diffusen Nebels ausgesandte Licht äquivalent der vom Stern empfangenen Lichtmenge ist, während bei den planetarischen Nebeln die ausgestrahlte Lichtmenge die vom Zentralstern empfangene um etwa 4—5 Größenklassen übertrifft.

Den Vorgang der Lichtemission der galaktischen Nebel vom Standpunkt der Quantentheorie untersucht H. Zanstra in einem Aufsatz im Astrophys. Journ. **65**, 50. Er macht dabei unter Beschränkung auf die diffusen Nebel die von der Wirklichkeit jedenfalls nicht sehr abweichenden Annahmen, daß der Nebel nur aus Wasserstoff besteht, von dem ein großer Teil atomarer Natur ist, und daß der die Anregung erzeugende Stern durch einen schwarzen Strahler von der Temperatur T ersetzt werden kann, die gleich der Oberflächentemperatur des Sternes ist. Die Anregung der Wasserstoffatome der Nebelmaterie durch die Strahlung des Sternes ist nun auf zweierlei Art möglich: entweder wird das Elektron eines normalen Atoms durch Absorption der Sternstrahlung auf die höheren Energieniveaus gebracht und kehrt unter Ausstrahlung der entsprechenden Serien in den normalen Zustand zurück, oder es tritt durch die Einwirkung der Sternstrahlung vollständige Ionisation ein, das Elektron fliegt als freies Elektron hinweg und wird durch einen Atomkern wieder eingefangen, wobei die Lichtemission erfolgt. Die erste Möglichkeit ist in ihrer Wirkung nicht ausreichend zur Erklärung der Nebelhelligkeiten und braucht deshalb nicht weiter verfolgt zu werden. Viel ergiebiger ist die zweite Art, also die Ionisation mit darauffolgender Wiedervereinigung. Bei diesem Prozeß werden die eingefangenen Elektronen beim Zurückfallen auf die verschiedenen Energieniveaus nicht nur das kontinuierliche Spektrum, sondern auch die einzelnen Serienlinien emittieren. Zur Prüfung seiner Annahme berechnet Zanstra die Helligkeit einer kleinen Nebelfläche, wobei er unter plausibeln Voraussetzungen für das Verhältnis L der photographischen Intensität des Nebelspektrums zu der des eingestrahlten Sternlichtes einen Ausdruck findet, der von der Temperatur T des Strahlers abhängig ist. Ist L aus Beobachtungen bekannt, so kann die Temperatur T des strahlenden Sternes aus Zanstras Angaben gefunden werden. Für B1- bis O5-Sterne fand Hubble, wie eingangs erwähnt, daß $L = 1$ ist und damit findet Zanstra für die Temperaturen der B1-Sterne 21000° C, für B0-Sterne 28000° C und für O-Sterne 34000° C, wobei der Wert für B1-Sterne verhältnismäßig unsicher ist. Diese Werte stimmen befriedigend überein mit den von Fowler und Milne für diese Spektralklassen angegebenen Werten: B1 19000° C, B0 25000° C und O5 mehr als 35000° C.

Planetarische Nebel können nicht ohne weiteres mit denselben Annahmen behandelt werden, da ihr Spektrum zeigt, daß auch andere Bestandteile als Wasserstoff in merkbarer Menge vorhanden sind. Nur soviel kann man sagen, daß die Temperatur des Zentralsternes höher als etwa 34000° C sein muß. Daß auch bei ihnen der Leuchtvorgang auf Ionisation mit darauffolgender Wiedervereinigung der Wasserstoffatome zurückzuführen ist, scheint aus einer von H. H. Plaskett bemerkten Beobachtungstatsache hervorzugehen. Nach seinen Feststellungen nehmen die Intensitäten der höheren Glieder der Balmerserie im Vergleich mit denen der ersten Linien bei den planetarischen Nebeln schneller ab als bei den diffusen. Diese Erscheinung läßt sich dadurch erklären, daß bei diesen Nebeln die freien Elektronen infolge der höheren Temperatur des strahlenden Sternes eine größere Geschwindigkeit besitzen als bei den diffusen. Dadurch wird die Möglichkeit des Einfangens auf niedrigeren Energieniveaus vergrößert, wodurch die Intensität der ersten Serienlinien $H\alpha$ und $H\beta$ gesteigert wird.

Im Zusammenhang hiermit sei auf eine Deutung hingewiesen, die kürzlich von J. S. Bowen über den Ursprung der bisher noch nicht identifizierten Nebellinien gegeben worden ist (Publ. Astron. Soc. of the Pacific **39**, 295). In den letzten Jahren verschaffte sich die Ansicht immer mehr Geltung, daß diese Linien nicht einem noch unbekannten Element zuzuschreiben seien, sondern vielmehr von wohlbekannten Elementen herrühren, die in den Nebeln in einem Zustande vorkommen, den wir im Laboratorium noch nicht herstellen können. Nach Bowen können sechs der am sichersten bekannten bisher unidentifizierten Nebellinien dem ein- oder zweifach ionisierten Sauerstoff und zwei Linien dem ionisierten Stickstoff zugeschrieben werden. Das Vorkommen dieser Elemente in den Nebeln ist durch bekannte Linien erwiesen. Bowen nimmt an, daß in den Nebeln viele Atome dieser Elemente im metastabilen Zustande vorhanden sind, was bei der außerordentlich geringen Dichte sehr wohl möglich ist. Die Berechnung der in Frage kommenden Linien aus den bekannten Energieniveaus der N^+-, O^+- und O^{++}-Atome zeigt befriedigende Übereinstimmung mit den beobachtenden Linien in den Nebelspektren. Es erscheint sehr wahrscheinlich, daß das Auftreten dieser bisher unerklärten Nebellinien auf diesem Wege gedeutet werden kann, doch müßten zur genaueren numerischen Bestätigung bessere Werte der Wellenlängen der Nebellinien und wohl auch eine genauere Untersuchung der Spektren von Stickstoff und Sauerstoff beigebracht werden.

Die kurzperiodischen Cepheiden behandelt H. Shapley in einem Aufsatz in Harvard Circular 315. Diese Sterne treten besonders häufig in manchen kugelförmigen Sternhaufen auf, in anderen fehlen sie vollkommen aber auch in unserem näheren galaktischen Sternsystem kommen sie gelegentlich vor. Sie zeigen nach der Form der Lichtkurve den gleichen Lichtwechsel wie die gewöhnlichen Veränderlichen vom δ Cephei-Typus, doch sind ihre Perioden alle kürzer als ein Tag.

Im Sternhaufen ω Centauri, der besonders reich an diesen Veränderlichen ist, kann man 3 Unterklassen

dieser kurzperiodischen Cepheiden unterscheiden, die sich durch die Länge der Periode, die Form und Amplitude der Lichtkurve voneinander unterscheiden. Die mittleren Perioden für diese 3 Arten sind $0^d.395$, $0^d.586$ und $0^d.752$, stehen also nahezu im Verhältnis von 2 : 3 : 4. Während bei den Cepheiden mit Perioden, die länger als 1 Tag sind, eine deutliche Abhängigkeit der absoluten Durchschnittshelligkeit von der Länge der Periode zu erkennen ist (die Perioden-Helligkeitskurve), zeigen die kurzperiodischen Veränderlichen eine bemerkenswerte Konstanz der mittleren Durchschnittshelligkeit. Diese Tatsache ist um so auffallender, als auch die Formen und Amplituden der Lichtkurven der drei erwähnten Unterklassen stark voneinander abweichen. Für die drei Arten kurzperiodischer Veränderlicher in ω Centauri, deren Perioden oben angeführt sind, werden die mittleren Durchschnittshelligkeiten $13^m.54$, $13^m.55$ und $13^m.61$, wobei der einzelne Stern von diesen Mitteln etwa um 0.1 Größenklasse abweicht. Auch in anderen Sternhaufen, z. B. in Messier 3, 5 und 15, bei denen genügend viele Sterne dieser Art vorkommen, zeigen sie dieselbe Eigenschaft. Es scheint hiernach, daß die Konstanz der Durchschnittshelligkeit der kurzperiodischen Cepheiden die Rolle einer astronomischen Konstanten spielt und von fundamentaler Bedeutung im Entwicklungsgang dieser Sterne ist.

Zur Erklärung des Lichtwechsels der Cepheiden ist vor mehreren Jahren eine Theorie aufgestellt worden, welche eine Pulsation des Sternes als Ursache der Lichtschwankungen annimmt. Die theoretischen Untersuchungen auf Grund dieser Annahme haben gezeigt, daß zwischen der Periode P und der mittleren Dichte des Sternes ϱ eine Beziehung von der Form $P^2 \cdot \varrho = \text{constans}$ besteht. Diese Beziehung gilt der Theorie nach ganz allgemein für alle Cepheiden. Aus ihr folgt, daß z. B. in ω Centauri die Sterne mit der mittleren Periode $0^d.395$ als Gruppe betrachtet nahezu die vierfache Dichte der Sterne mit der mittleren Periode $0^d.752$ haben müßten. Wenn die angeführte Beziehung zwischen Periode und mittlerer Dichte auch für die kurzperiodischen Sterne gelten soll, so müssen, wie man leicht zeigen kann, entweder die Massen oder die Größen der Oberflächen dieser Sterne stark voneinander verschieden sein. Da diese Veränderlichen alle dem Spektraltypus A angehören und alle die gleiche absolute Helligkeit haben, ist es nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht wahrscheinlich, daß sich ihre Massen im Verhältnis von 1 : 4 und noch mehr unterscheiden. Eine merkbare Verschiedenheit der Massen kann also für die einzelnen kurzperiodischen Cepheiden nicht in Betracht kommen, und es bleibt somit nur ein Unterschied in der Größe der Oberflächen übrig. Aber auch dieser ist, wie SHAPLEY zeigt, nicht möglich. Denn die Oberflächen der kurzperiodischen Cepheiden müßten sich im Bereich der bekannten Perioden wenigstens im Verhältnis 1 : 4 voneinander unterscheiden. Da aber durch die Beobachtungen eine konstante Durchschnittshelligkeit für alle diese Sterne festgestellt ist, so müßte bei den Sternen mit großer Oberfläche der durch diese bedingte Gewinn an Helligkeit durch eine entsprechend geringere Oberflächenhelligkeit wieder vollkommen ausgeglichen werden. Diese Sterne müßten also eine Abhängigkeit der Oberflächenhelligkeit, oder, was dasselbe ist, des Spektraltypus oder des Farbenindex von der Periode zeigen. Nach dem vorhandenen Beobachtungsmaterial ist das jedoch nicht der Fall. Der Spektraltypus ist für einige galaktische kurzperiodische Cepheiden bekannt und ist, ganz unabhängig von der Periode, im Mittel A6 mit nur ganz geringer Streuung. Der Farbenindex ist für diese Veränderlichen in Sternhaufen bestimmt und erweist sich ebenfalls unabhängig von der Periode.

Somit scheidet auch die Möglichkeit verschieden großer Oberflächen aus, und man wird zu dem Schluß geführt, daß die angeführte Beziehung zwischen Periode und mittlerer Dichte bei den kurzperiodischen Cepheiden nicht mehr in der angegebenen einfachen Form gilt. Als Ausweg aus dieser Situation betrachtet SHAPLEY die Annahme, daß für diese Sterne nicht die mittlere Dichte des Sternes mit der Periode verknüpft ist, sondern die Dichte eines inneren Kernes. Die beobachteten Perioden würden dann verschiedene Entwicklungsstadien dieses inneren Kernes anzeigen, bei denen die Masse und mittlere Dichte des Sternes sowie die Größe und Helligkeit seiner Oberfläche unbeeinflußt bleiben. Eine Theorie des Lichtwechsels der Cepheiden müßte jedenfalls auch die Erklärung der bei den Sternen mit kurzer Periode gefundenen Tatsachen mit umfassen, was bei der Pulsationstheorie in ihrer heutigen Form nicht der Fall ist.

Das Spektrum von v Sagittarii untersucht J. S. PLASKETT in Publ. Dominion Astrophys. Observatory Victoria B.C. Bd. IV, 1. Der Stern, dessen Ort am Himmel für 1900.0 durch die Rektaszension $19^h16^m.0$ und die Deklination $-16°7'$ gegeben ist, besitzt die visuelle Helligkeit $4^m.58$. Im Jahre 1899 wurde auf der Licksternwarte eine Veränderlichkeit der Radialgeschwindigkeit gefunden, und 1914 wurde von WILSON eine Bahnbestimmung dieses spektroskopischen Doppelsterns ausgeführt, bei welcher die Umlaufszeit zu $137^d.94$ und die halbe Amplitude der Schwankung der Radialgeschwindigkeit zu 48.15 km/sec gefunden wurde. Das Spektrum der zweiten Komponente des spektroskopischen Systems ist nicht sichtbar. Von den Beobachtern der Harvard Sternwarte ist das Spektrum als B8p, F2p klassifiziert worden, wobei das p (peculiar) auf Besonderheiten im Spektrum hinweist.

Eine eingehende Untersuchung dieses Sternspektrums hat in den letzten Jahren J. S. PLASKETT ausgeführt, wobei sich herausgestellt hat, daß v Sagittarii in der Tat ein äußerst merkwürdiges Spektrum besitzt. Die größte Zahl der Linien im Spektrum dieses Sternes ist metallischen Ursprunges, und zwar sind nur Funkenlinien vorhanden, die sich auf die Elemente Fe, Ti, Cr, Ni, Sr, Mg und Ca verteilen. Bogenlinien fehlen vollkommen. Die Calciumlinien H und K sind am stärksten, auch Mg 4481 und Fe 4352, 4233, 4178 sind als kräftige Linien vorhanden, doch werden diese noch von Si 4131 und 4128 an Intensität übertroffen. Im ganzen konnten 160 Linien im Spektrum gemessen werden. Nach der Intensität und der Schärfe dieser Metallinien zu urteilen, besitzt das Spektrum von v Sagittarii den c-Charakter, der auf besonders scharfe Linien im Spektrum hinweist, in noch höherem Maße als das von α Cygni, welcher der Hauptvertreter dieser Sternklasse ist. Im Spektrum von v Sagittarii sind alle Linien von α Cygni enthalten, zum Teil bedeutend verstärkt, und darüber hinaus treten noch Linien auf, die in α Cygni fehlen. Aus diesem metallischen Spektrum bestimmt PLASKETT die Spektralklasse cA2. Nach diesem Spektrum zu urteilen übertrifft v Sagittarii noch den Übergiganten α Cygni an Leuchtkraft, und wahrscheinlich ist auch seine Dichte noch geringer als die dieses Sternes.

Ist dieses metallische Spektrum schon einzigartig, so wird die Merkwürdigkeit noch dadurch gesteigert, daß über das A2-Spektrum ein vollkommenes Spektrum der Klasse B, also ein Heliumspektrum gelagert ist. Auch dieses Heliumspektrum besitzt c-Charakter, denn die Heliumlinien, die im allgemeinen in der Klasse B breit und verwaschen sind, erscheinen bei v Sagittarii

als schmale, gut definierte und kräftige Linien. Nach ihrer Schärfe käme die Spektralklasse B8p in Frage, doch verlangt das Vorkommen anderer Linien eine frühere Klasse, die nicht später als B3 sein kann. Man hat früher das Heliumspektrum der zweiten Komponente des spektroskopischen Systems zuschreiben wollen, doch scheidet diese Erklärung nach PLASKETTs Messungen aus. Die He-Linien ergeben nämlich dieselbe Radialgeschwindigkeit wie die Metallinien, so daß sie in derselben Sternatmosphäre wie diese entstehen müssen.

Eine befriedigende physikalische Erklärung für das gleichzeitige Auftreten der Metallinien und der Heliumlinien in derselben Sternatmosphäre, für welche die ersteren eine Temperatur von etwa 9000°, die Heliumlinien aber eine solche von etwa 15000° verlangen, ist nur schwer zu geben. Diese Schwierigkeit wird durch das Verhalten der Wasserstofflinien noch gesteigert. Auch diese sind anomal. Sie sind viel schwächer, als es der Spektralklasse A2 entspricht. Hα ist von CAMPBELL visuell als helle Linie beobachtet worden, und von Hβ berichtet Miss CANNON, daß sie zeitweise hell und zeitweise dunkel ist. Auf den in Victoria erhaltenen Platten sind nur Absorptionslinien vorhanden. Jedoch sind die Wasserstofflinien von einem, zwei oder drei Satelliten begleitet, die immer auf der violetten Seite, niemals auf der roten liegen. Ihrer Lage und Intensität nach sind diese Satelliten starken Veränderungen unterworfen. Im allgemeinen sind zwei Satelliten vorhanden, manchmal nur einer und bei Hγ wurden auch drei beobachtet. Ihrer Lage relativ zur Hauptlinie entsprechen Geschwindigkeiten von − 150, − 200 und − 300 km/sec. Die Komponente mit der Geschwindigkeit − 300 km/sec ist die beständigste. Sie erscheint bei allen vier beobachteten Linien Hβ bis Hε. Ihre Intensität ist bei Hβ gleich derjenigen der Hauptlinie und nimmt bei den höheren Linien bis auf $^1/_2$ oder $^1/_3$ ab. Die Komponente, welche der relativen Geschwindigkeit − 200 km/sec entspricht, ist auf Platten vorhanden, welche bei der maximalen negativen Bahngeschwindigkeit erhalten wurden, wo sie bei Hβ etwa 2—3mal kräftiger als die Hauptlinie ist und bei Hγ nur noch $^2/_3$ der Intensität von Hγ besitzt. In anderen Phasen der spektroskopischen Bahn ist keine Spur von ihr zu finden. Die dritte Komponente, entsprechend einer relativen Geschwindigkeit von − 150 km/sec, ist fast ebenso beständig, wie die zuerst genannte mit der Geschwindigkeit − 300 km/sec, doch machen sich Änderungen in ihrer Lage und Intensität bemerkbar. Daß diese Satelliten der Wasserstofflinien in derselben Sternatmosphäre wie die Hauptlinien der Balmerserie und die übrigen Linien des Spektrums entstehen, wird wiederum, wie bei den Heliumlinien, dadurch erwiesen, daß sie die von der Bahnbewegung herrührenden Schwankungen der Radialgeschwindigkeit zeigen.

Man erkennt aus dieser Beschreibung, daß das Spektrum von *v* Sagittarii in der Tat höchst merkwürdig ist und in Zukunft noch weiter beobachtet zu werden verdient. Seine physikalische Deutung bietet dem Astrophysiker ein Problem, dessen Lösung uns einen tiefen Einblick in die Physik der Sternatmosphären verschaffen wird.

Der Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung. Die Beobachtungen von KOLHÖRSTER und v. SALIS auf dem Jungfraujoch sowie die von BÜTTNER und FELD auf der Zugspitze haben gezeigt, daß die Intensität der durchdringenden Höhenstrahlung im Laufe eines Tages ein Maximum und ein Minimum erkennen läßt. Die Schwankung der Intensität beträgt etwa 8% ihres Gesamtbetrages. Da nach den Messungen die Extremwerte der Strahlung zu bestimmten Sternzeitstunden eintreten, liegt es nahe, als Quelle der Höhenstrahlung nicht die Sonne, sondern noch zu bestimmende Gegenden des Sternhimmels zu betrachten.

Zur Auffindung der diese Strahlung aussendenden Objekte untersucht A. CORLIN (Naturwissenschaften 1927, H. 15, S. 356) die Verteilung einer Reihe von Sternen und Nebeln, welche über dem Jungfraujoch sichtbar sind. Kommen irgendwelche coelestischen Objekte für die Emission der Höhenstrahlung in Frage, so muß ihre Verteilung am Himmel eine solche sein, daß die Zeit ihrer Kulmination nahe mit der Zeit des beobachteten Intensitätsmaximums der Höhenstrahlung zusammenfällt. Als einzige Klasse der untersuchten Himmelskörper, deren Verteilung dieser Forderung entspricht, findet CORLIN die langperiodischen Veränderlichen vom Typus des Sterns *o* Ceti, die Mirasterne. Diese Sterne, die den Spektralklassen Md und S angehören, sind, abgesehen von ihrem Lichtwechsel, auch dadurch ausgezeichnet, daß sie in der Nähe ihres Lichtmaximums helle Linien im Spektrum zeigen.

Von einem anderen Standpunkt aus untersucht B. GERASIMOVIČ diese Frage in Harvard Bulletin 847. Er berechnet für ein Intervall von 2 zu 2 Sternzeitstunden das Gesamtlicht aller Mirasterne die zur Zeit der Messungen KOLHÖRSTERS nicht mehr als $^1/_{10}$ ihrer Periode vom Lichtmaximum entfernt sind und über den Horizont des Jungfraujochs kommen. Das sind im ganzen 73 Sterne. Dieselbe Rechnung wird weiter für alle Mirasterne durchgeführt, die sich zu der fraglichen Zeit nicht mehr als $^1/_{10}$ ihrer Periode vor dem Lichtmaximum und nicht mehr als eine halbe Periode nach diesem befinden, weil in diesem Phasenintervall die hellen Linien im Spektrum auftreten. Hierfür kommen 232 Sterne in Betracht. Für beide Fälle wird außerdem noch auf die Absorption in der Erdatmosphäre dadurch Rücksicht genommen, daß die Sterne mit mehr als 70° Zenitdistanz weggelassen werden. Die Kurven welche GERASIMOVIČ auf diese Weise erhält, scheinen aber keine Stütze für die Ansicht CORLINS zu sein, daß die Mirasterne als Quelle für die Höhenstrahlung in Frage kommen. Obgleich auch bei GERASIMOVIČ im Laufe eines Tages ein deutliches Maximum und Minimum im Gesamtlicht der Mirasterne zu erkennen ist, findet jedoch keine Übereinstimmung der Phasen der berechneten und beobachteten Kurven statt, vielmehr fällt das Maximum bei GERASIMOVIČ auf das Minimum bei KOLHÖRSTER. Nach diesem Ergebnis würden die Mirasterne als Quelle der Höhenstrahlung ausscheiden.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß GERASIMOVIČ durch die Auswahl der Sterne die stillschweigende Voraussetzung macht, eine Emission der Höhenstrahlung durch die Mirasterne finde nur um das Lichtmaximum herum statt. Trifft diese Annahme nicht zu, sondern emittieren diese Veränderlichen die Strahlung in allen Phasen, so braucht das von ihm untersuchte Gesamtlicht nicht maßgebend zu sein für den Betrag der Höhenstrahlung. Man wird deshalb vor der noch ausstehenden ausführlichen Mitteilung von CORLINS Untersuchungen noch kein endgültiges Urteil über die Stellung der Miraveränderlichen zu der Höhenstrahlung fällen.

OTTO KOHL.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.